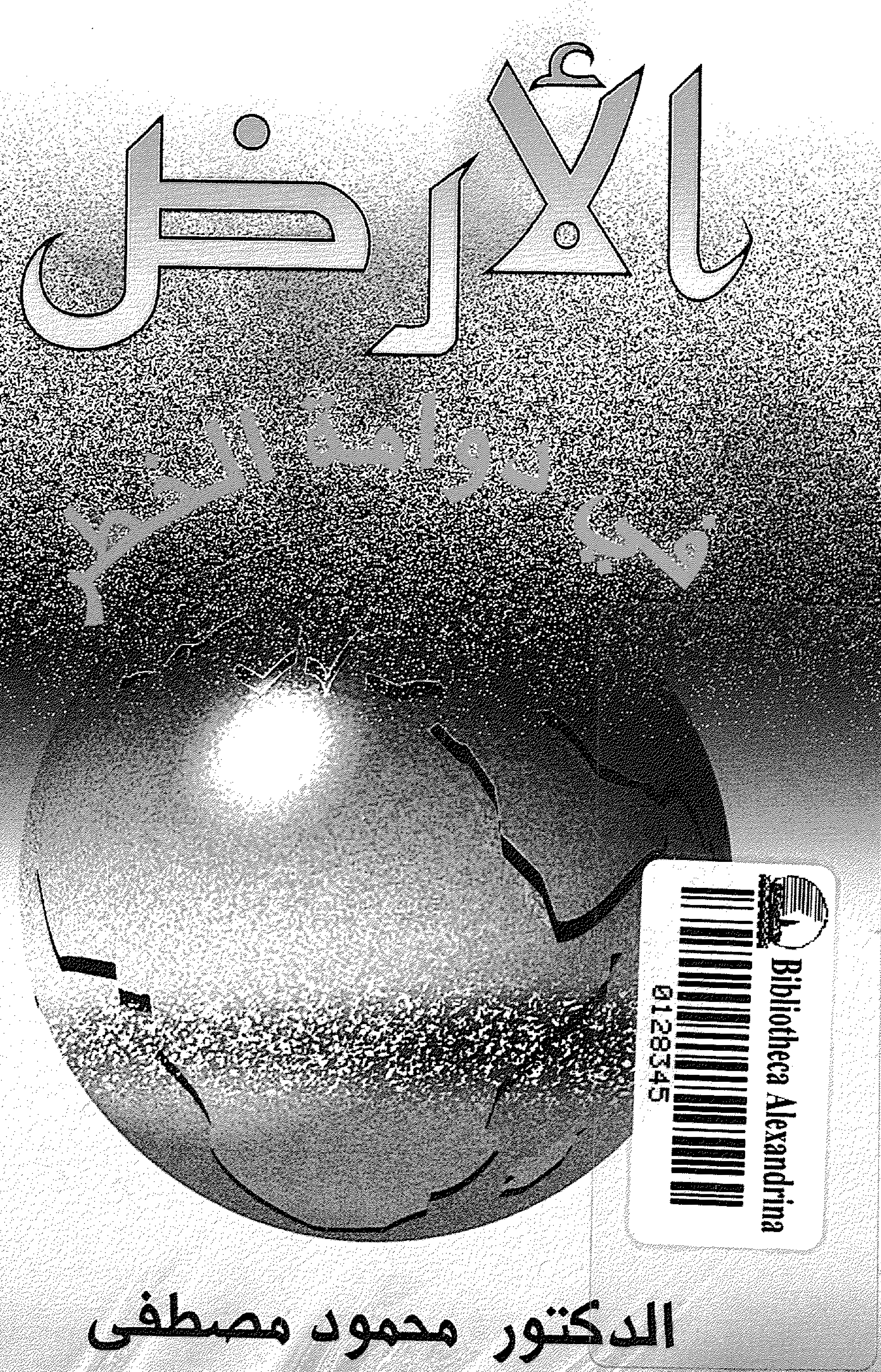
الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers

الأرض

في دوامة الخطر



الدكتور محمود مصطفى

الأرض
في دوامة الخطر


بسم الله الرحمن الرحيم

الأرض
في دوامة الخطر

الدكتور محمود مصطفى

دكتوراه فلسفة في علوم الجيولوجيا والمنرالوجيا
مدرس في كلية العلوم بجامعة تشرين



الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers

الطبعة الأولى

1415 هـ ـ 1995 م



الدار العربية للعلوم

Arab Scientific Publishers

بناية الريم ـ شارع ساقية الجنزير ـ عين التينة
هاتف 661311 - 860138 - 811385
ص. ب 13/5574 بيروت ـ لبنان
هاتف وفاكس دولي 4782466 (212) 001

محتويات الكتاب

الجزء الأول
البراكين

الجزء الثاني
الهزات الأرضية أو الزلازل

الجزء الثالث

مقدمة

تعتبر العقود الأخيرة من هذا القرن من السنين الحاسمة في تاريخ البشرية، وذلك لحدوث تغيرات كبيرة في طبيعة المناخ الأرضي، ولزيادة نسبة التلوث البيئي كنتيجة للزيادة الكبيرة في عدد المصانع والمعامل، ووسائط النقل والمصافي، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، وغيرها من المنشآت الصناعية التي تلحق بالغ الأذى بالطبيعة.

إن تخريب قوانين الطبيعة نتيجة للتطور الصناعي الهائل في البلدان المتطورة صناعياً، والبحث المستمر عن الخامات الأولية، واستنزاف الموارد الطبيعية، وزيادة نسبة الملوثات في الجو الأرضي يؤدي إلى تغير في المناخ وتغير في تركيب الغلاف الجوي ونوعية الغازات المتواجدة فيه وكميتها، وزيادة نسبة الغازات السامة، والمخربة لطبقة الأوزون، التي تعتبر القناع الواقي للأرض من تأثير الأشعة فوق البنفسجية الضارة.

كما تم تخريب دورة المياه في الطبيعة، بالإضافة إلى استنزاف الموارد المائية في العالم، أو تلوثها على حد سواء في البلدان الصناعية والنامية وكذلك انجراف التربة الزراعية وحرق الغابات، وتلويث المحيطات والبحار والقضاء على الحياة النباتية والحيوانية فيها، كما ازدادت في الفترة الأخيرة الكوارث الطبيعية كالفيضانات أو حالات الجفاف.

تقوم الأقمار الصناعية بتتبع الوضع البيئي على الأرض ودراسة طبقة الأوزون عن كثب، ويتم تجميع هذه المعلومات في بنوك المعلومات، كما تم تشكيل عدد من الهيئات الدولية والشعبية لكي تقوم بمراقبة التغيرات البيئية عن كثب وإيجاد الحلول لمعالجة تلوث البيئة، حيث أن الوضع البيئي ـ الاقتصادي قد وصل إلى حافة الهاوية.

وفي هذا الكتاب سوف نسلط الضوء على أهم الأخطار، التي تحيط بالأرض، حيث سنقسم هذه الأخطار إلى أخطار طبيعية لا علاقة للإنسان بها وأخطار بشرية يكون الإنسان السبب الرئيسي فيها.

سندرس من الأخطار الطبيعية أهمها البراكين والزلازل، وسنقوم بتحديد مدى الخطر، الذي تلحقه بالأرض وبالإنسان. أما في مجال الأخطار البشرية، التي يسببها الإنسان فسندرس ظاهرة تلوث الهواء وكارثة الأوزون، مشكلة الانفجار السكاني، وخطر استنزاف الموارد الطبيعية، وتأثير هذه الظواهر مجتمعة على الأرض ومستقبل الإنسان وحياته. والله ولي التوفيق.

المؤلف

الدكتور محمود مصطفى

الجزء الأول

البراكين



الفصل الأول

معلومات عامة عن البراكين

عرفت البراكين منذ القدم واعتبرت مداخن لمصانع الحديد لألهة النار، ومن هنا جاءت تسمية البراكين من اللاتينية (Vulcain)، والتي تعني (اله النار) عند القدماء.

تظهر البراكين في المناطق المخلعة تكتونيا، وعلى الأخص في المناطق الضعيفة في القشرة الأرضية، والتي تعرضت لفوالق وكسور عميقة ينتج عنها فراغات وشقوق تسمح بخروج اللافا المنصهرة من مكمنها في باطن الأرض إلى السطح، حيث تخرج من فوهات البراكين، أو من الشقوق الجانبية، وتشكل الصخور البركانية والحطاميات البركانية البيروكلاستية.

1 ـ التوزع الجغرافي للبراكين:

قد لا توجد منطقة على سطح الأرض لم تتعرض لنشاطات بركانية، سواء في الماضي القريب، أو البعيد. فقد تنتشر البراكين في كل مكان، وقد تثور في أي زمان بلا استثناء. وتصادف سيول اللافا في التوضعات الصخرية القديمة، كما تصادف في التشكيلات الصخرية الحديثة والمعاصرة.

لقد عرفت الإنسانية بوجود أكثر من (600 بركان) نشيط خلال التاريخ الإنساني المسجل، كما يوجد حوالي (2000 بركان) خامد. وتصل حياة البركان إلى أكثر من مئة ألف سنة، يقضيها البركان في فترات نشاط متتالية يتخللها فترات طويلة من الركود، وقد يعتقد خلالها أن البركان قد خمد تماماً.

ان القاء نظرة سريعة على التوزع الجغرافي للبراكين النشيطة والخامدة تبين

انها تتوزع في احزمة، تسمى الأحزمة النارية، وتنتشر حول القارات، وذلك حول المحيط الهادي، أي في مناطق تشكل الجبال الحديثة، ابتداء من نيوزلاندا في الشمال مروراً بأندونيسيا، الفيليبين، شبه جزيرة كمشاتكه البركانية، ومن ثم ينجرف نحو الشرق، حيث يشمل الياسكا، ثم ينحرف نحو الجنوب على طول شواطىء أمريكا الشمالية والجنوبية. (الشكل: 1).

تقع مجموعة البراكين النشطة في منطقة البحر الأبيض المتوسط، آسيا الصغرى، البحر الأحمر، افريقيا الوسطى، حيث تتصل مع سلسلة الانهدامات الأفريقية الشرقية.

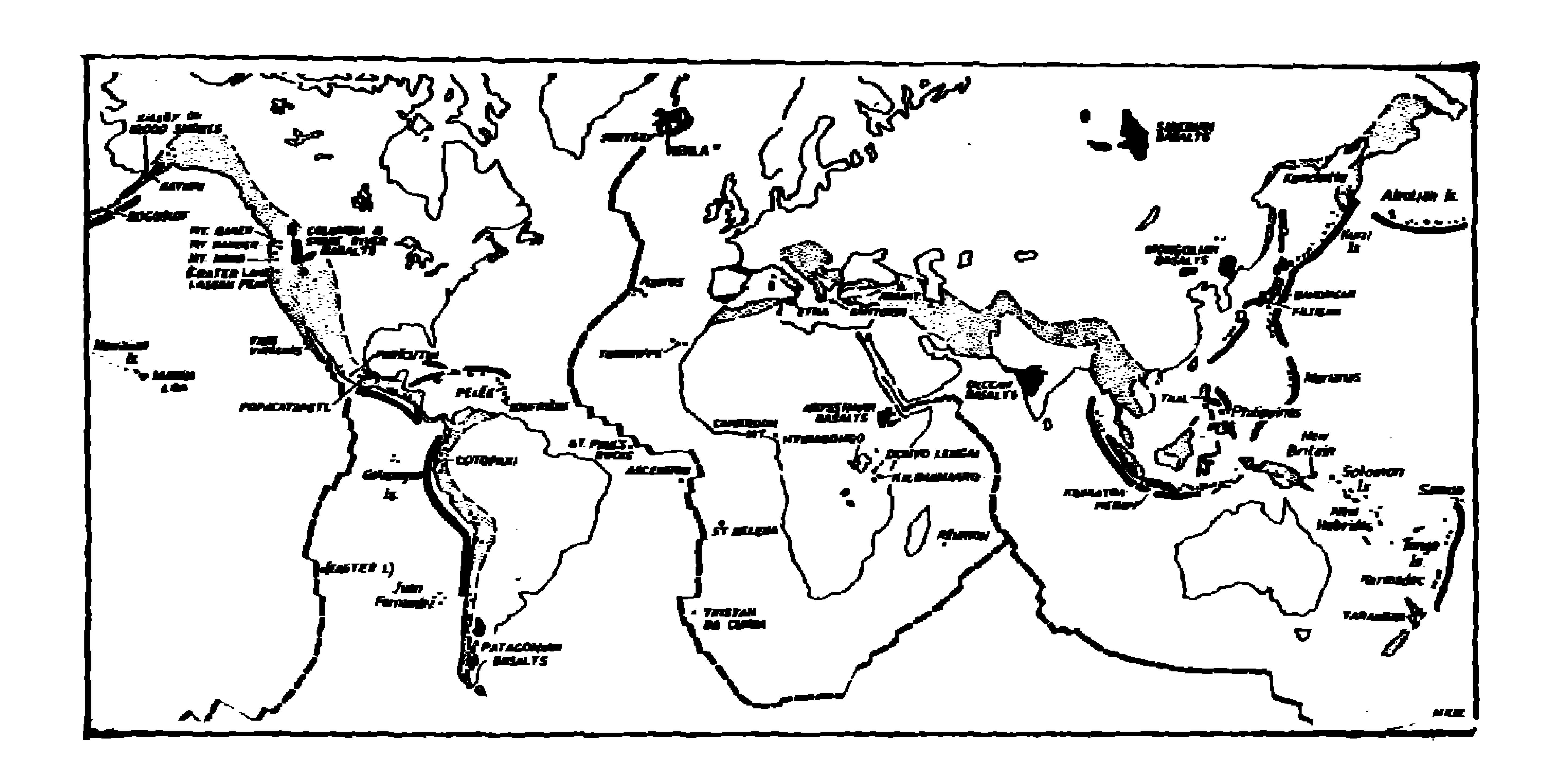
اما في بلاد الشام فتوجد عدة براكين خامدة موزعة على طول الفوالق الجانبية المتصلة مع الانهدام السوري ـ الأفريقي الكبير. ومن أهم وأكبر هذه البراكين الخامدة، نذكر بركان جبل العرب، وما يرافقه من البراكين الصغيرة المتمركزة على طول الشقوق والفوالق الهامشية، وكذلك البراكين الخامدة المنتشرة في منطقة حمص وما حولها.

2 ـ الظواهر الطبيعية المشيرة إلى قرب حدوث الاندفاعات البركانية:

1) ـ تعتبر الزلازل من أهم الظواهر الطبيعية، التي تدل على قرب حدوث الاندفاعات البركانية، حيث تسبق الزلازل الاندفاعات البركانية بعدة أيام، أو بعدة أسابيع، أو حتى بعدة سنين.

لكي يتم التنبؤ باندفاع بركاني لا بد من إجراء تحليل دقيق للهزات الأرضية المختلفة باستخدام الطرق الجيوفيزيائية، وعن طريق التسجيل المستمر للهزات الأرضية العميقة والسطحية على حد سواء، القوية منها أو الضعيفة.

ولا بد أن نشير هنا إلى أن لكل بركان خصائصه ومميزاته الخاصة به، ونظامه الخاص في حدوث الهزات الأرضية وطبيعتها، وكذلك درجتها، وعمق مركزها.



(الشكل: 1) ـ توزع البراكين النشطة في العالم بالنسبة للمظاهر التكتونية.

2) ـ التشوه في السطح الخارجي للمخاريط البركانية:

عادة ما يقود امتلاء، أو تفريغ الغرفة المهلية تحت البركان إلى تشوه كبير في السطح الخارجي للمخروط البركاني، وذلك قبيل حدوث الاندفاعات البركانية بفترة وجيزة.

وتأتي أهمية هذه الظاهرة في تحديد موعد الاندفاع البركاني، عندما لا تسبق الاندفاع البركاني هزات أرضية. تلاحظ ظاهرة التشوه هذه بشكل جليّ وواضح على بركان /كيلاوا/. في جزر هاواي، حيث يحصل انتفاخ كبير فوق الغرفة المهلية مباشرة قبل الاندفاع البركاني يؤدي إلى حدوث تشوه في السطح الخارجي، ثم يأخذ هذا الانتفاخ بالتقلص ابتداء من لحظة الاندفاع، ويزول نهائياً في نهاية الاندفاع، وفي بعض الحالات تصل قيمة الانتقال العمودي إلى أكثر من أربعة أمتار.

3) ـ زيادة السيلان الحراري:

تعتبر البراكين مصدرا للشواذ الحراري في القشرة الإرضية، حيث تسبق

الاندفاعات البركانية زيادة ملحوظة في قيمة السيلان الحراري، لذا يجب قياس قيمة هذه الزيادة للتنبؤ بقرب حدوث الاندفاعات وتجنب خطرها.

ويتم التعرف على قيمة الزيادة في السيلان الحراري عن طريق ملاحظة أي ارتفاع في درجة حرارة الغازات، التي تنبعث من المهل، أو التيارات المائية الحارة، الذي قد تصل إلى سطح الأرض.

كما يمكن قياس قيمة الشواذ الحراري باستخدام أجهزة خاصة محمولة على الطائرات، أو الأقمار الصناعية، ومن ثم يتم رسم خرائط خاصة بالشواذات الجيوحرارية، والتعرف على منابع الطاقة الكامنة، وبالتالي تحديد مواقع الغرف المهلية والبراكين.

4) ـ التركيب الكيميائي للغازات البركانية:

إن التحليل الكيميائي للغازات البركانية اليحمومية المكثفة، يمكن أن يشير إلى موضع الغرف المهلية، والتي امتلائها بالمغما استعدادا للاندفاع إلى السطح. وبشكل عام يسمح الفحص الدقيق للغازات البركانية بتوقع حدوث بعض الاندفاعات البركانية قبل عدة أشهر من حدوثها.

5) ـ الخواص الفيزيائية للمغما:

تقوم الطرق الجيوفيزيائية المختلفة، التي تعتمد على الخواص الفيزيائية للمغما مثل الناقلية الكهربائية، حركة المغما، تغيرات حقول الجاذبية والمغناطيسية، بالمساعدة في رصد كافة تحركات المغما في الغرف المهلية تحت البراكين، وبالتالي تساعدنا في التنبؤ بموعد حدوث الاندفاعات البركانية.

3 ـ أسباب تشكل البراكين:

من خلال دراسة توزع البراكين الجغرافي في أرجاء الكرة الأرضية، تستنتج أن هنالك صلة مباشرة بين البراكين والانهدامات، والفوالق، حيث نلاحظ أن البراكين تتوزع على طول الشقوق والفوالق التكتونية، وذلك لأن التخلعات

التكتونية تخلق نطاقات ضعيفة في القشرة الأرضية تستخدمها اللافا الواقعة تحت ضغوط عالية جداً كي تخرج إلى سطح الأرض.

وكما نعلم تحتوي المغما في تركيبها الكيميائي على مركبات غازية منحلة وسوائل مثل الماء الغازي ($N, S_2, H_2, H_2Bo_3, So_2, Hf, Hd, Co_2$) وغيرها. وبما أن هذه الغازات تقع تحت ضغوط عالية جداً، فإنها تنتهز أية فرصة تنخفض فيها قيمة الضغط الهدروستاتيكي، وتبدأ بالتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية مع ازدياد في حجمها.

ونتيجة للزيادة الكبيرة في حجم الغازات تحاول الهروب إلى سطح الأرض، مستخدمة الفجوات والشقوق والمناطق الضعيفة في القشرة الأرضية، حيث تحمل معها المغما نحو الأعلى، فتتدفق اللافا من فوهات البراكين على شكل سيول مهلية بركانية، أو مقذوفات أخرى.

عادة ما يسبق ثورة البركان حدوث ضجيج جوفي في باطن الأرض، يترافق مع اهتزازات في القشرة الأرضية، يليها ظهور شقوق على سطح الأرض تنطلق منها الأبخرة والغازات البركانية، وينطلق بعدها الرماد البركاني، والقنابل البركانية. وأخيراً تتدفق اللافا السائلة، وعادة ما يرافق خروج الغازات انفجارات بركانية قوية جداً تسبق خروج الحمم، وعادة ما تؤدي هذه الانفجارات إلى تفجير المخروط البركاني القديم، وتشكل مكانه كالديرة.

4 ـ الأجزاء الرئيسية للبركان:

يعتبر البركان الجهاز الطبيعي، الذي تخرج منه الحاصلات البركانية بكافة أنواعها السائلة، والصلبة، والغازية. ويتخذ البركان عادة شكلاً مخروطياً، أو أقرب ما يكون إلى المخروط، ويتألف من:

1) ـ الفوهة البركانية: وهي القسم العلوي من المخروط البركاني، الذي تخرج منه اللافا وتسيل على سطح الأرض.

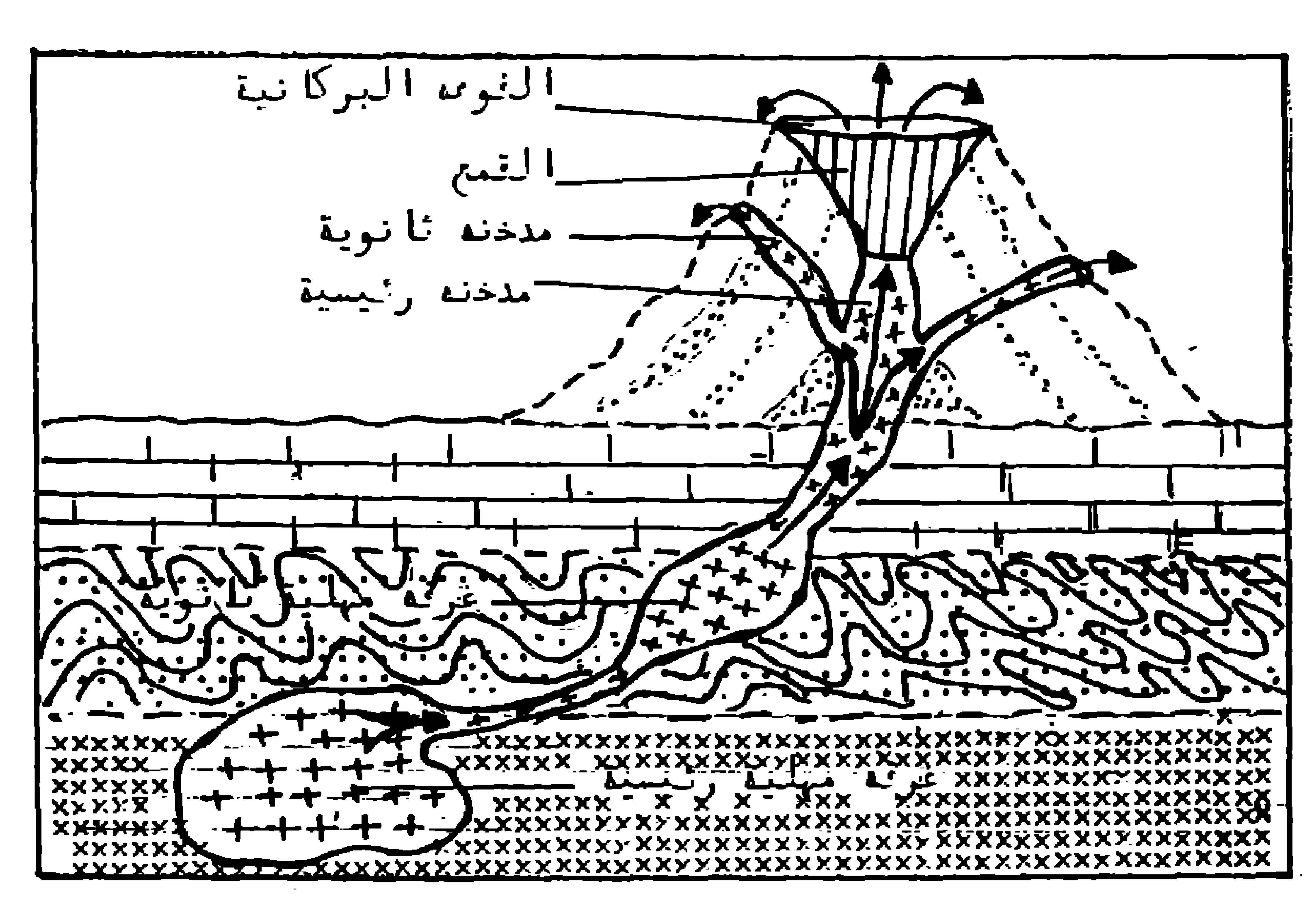
2) ـ القمع: وهو ذلك التجويف العميق، الذي يقع تحت الفوهة البركانية

مباشرة، وله شكل مستدير، أو بيضوي ذو حواف قائمة، أو شديدة الانحدار، يتراوح قطر القمع من عدة أمتار إلى عدة كيلومترات.

3) ـ المدخنة: تلي القمع وهي الجزء، الذي تمر منه الحاصلات البركانية من القناة الناقلة للمغما إلى الفوهة. عادة ما تصادف مدخنة رئيسية متصلة بعدة مداخن ثانوية متفرعة عنها (الشكل: 2).

4) ـ المخروط البركاني: يتشكل المخروط البركاني من توضع اللافا حول القمع والفوهة على شكل مخروط هرمي، ويسمى هذا النوع من البراكين بالبراكين المركزية، حيث تخرج اللافا من الفوهة المركزية فقط.

أما في البراكين، التي تخرج اللافا فيها من الشقوق الموجودة في القشرة الأرضية، أو على جانبي المخروط البركاني، فتسمى بالبراكين الشقية.



(الشكل: 2) ـ يمثل الأجزاء الرئيسية للبركان.

5 ـ تصنيف البراكين:

تقسم البراكين من حيث فعاليتها إلى براكين نشيطة، وبراكين خامدة.

فالبراكين النشيطة هي البراكين التي ما زالت تقذف الحمم البركانية حتى الآن، أو التي كانت نشيطة منذ زمن غير بعيد، بينما البراكين، التي لا يعرف الإنسان عن تاريخها شيئاً فتعتبر من البراكين الخامدة.

توجد عدة تصانيف للبراكين، ولعل أهمها تلك التي تعتمد على شكل المخروط البركاني، ونوع اللافا الناتجة عن الاندفاعات البركانية، وجود أو حتى غياب الانفجارات البركانية، ونوعية الحاصلات البركانية، التي يقذفها البركان، بالإضافة إلى عدة عوامل أخرى تستخدم في التصنيف.

1) ـ البراكين المركبة:

يتألف المخروط البركاني من تعاقب المواد الحطامية البيروكلاستية مع طبقات من اللافا. وهي عبارة عن براكين مركزية تخرج اللافا من الفوهة المركزية للبركان. ويكون الانحدار الجانبي للمخروط البركاني حوالي (30°) في الأعلى ويصل إلى (5 ـ 7°) في الأسفل عند القاعدة.

تقذف البراكين المركزية المركبة مختلف أنواع الحاصلات البركانية الصلبة والسائلة والغازية. ومن أشهر البراكين المركبة نذكر بركان (فولكان) في جزر ليباري شمال صقلية، وبركان (لوزون) في الفيليبين.

عادة ما تسد المدخنة بلافا متصلبة بعد كل مرحلة نشاط بركاني وفي حالة إعادة النشاط البركاني يتم تفجير كلا من المدخنة والقمع القديمين في بداية الاندفاع البركاني.

2) ـ البراكين الدرعية ذات الأطواق:

يكون المخروط البركاني مسطحاً ذو انحدار قليل لا يتجاوز (10°) عند الفوهة، ودرجتين عند قاعدة المخروط. تكون الاندفاعات البركانية في البراكين الدرعية هادئة بشكل عام. تخرج اللافا من الفوهة، وقد تسيل من الشقوق الجانبية.

أما الحاصلات البركانية، التي تقذفها البراكين الدرعية فهي عبارة عن لافا سائلة بازلتية التركيب وغير لزجة، ذات حرارة عالية، وغازات بركانية مختلفة التركيب الكيميائي، بينما تغيب في هذه البراكين الحاصلات الصلبة. من أشهر البراكين الدرعية براكين جزر هاواي الكثيرة.

3) ـ براكين الرماد:

يتألف المخروط البركاني من مواد حطامية بيروكلاستية متوضعة على جانبي الفوهة البركانية. ويكون الانحدار الجانبي للمخروط البركاني كبيراً، وقد يصل إلى (45°) في القمة.

تكون الحاصلات البركانية متنوعة جداً. وتكون اللافا أساسية التركيب ولزجة ولا تسيل. أما الغازات البركانية فهي كثيرة، وتحدث عندما تخرج انفجارات قوية تترافق مع تشكل حطاميات بيروكلاستية، ورماد وقنابل بركانية، تتوضع على جانبي الفوهة مشكلة المخروط البركاني.

لعل من أشهر براكين الرماد في العالم بركان (سترومبولي) في جزر ليباري.

4) ـ بركان بيلي:

وهو نوع خاص من البراكين، حيث تكون اللافا لزجة جداً وتتصلب مباشرة عند خروجها من فوهة البركان وتشكل سدادة تغلق فوهة البركان على شكل مسلة صخرية، وقد يصل طولها إلى أكثر من (300م)، وذلك كما حدث في منتصف عام 1902م، حيث سبق ظهور المسلة الصخرية انطلاق غازات ورماد بركاني.

5) ـ براكين الطين:

وهي ظواهر طبيعية تشبه البراكين، حيث يتألف المخروط البركاني من تجمع المواد الطينية، . تعتبر الغازات والمياه الجوفية المحرك الأساسي، الذي يقوم بدفع المواد الطينية والوحل إلى السطح. ومن أشهر براكين الطين في العالم، براكين الطين المنتشرة في حقول النفط في منطقة اذربيجان.

6 ـ الحاصلات البركانية:

عادة ما نميز بين عدة أنواع من الحاصلات البركانية: وهي الحاصلات الغازية، الحاصلات السائلة واللزجة، وأخيراً الحاصلات الصلبة. ومن الجدير بالذكر أن هذه الحاصلات قد تصادف مجتمعة على نفس البركان، وقد يغيب أحدها أحيانا.

1) ـ الحاصلات البركانية الغازية:

عادة ما يسبق انطلاق الغازات ظهور اللافا، وتكون الغازات هي المؤشر على بداية الاندفاعات البركانية، كما أشرنا سابقا. تتألف الحاصلات الغازية من (60 ـ 90٪) من بخار الماء، غاز ثاني أكسيد الكربون، النتروجين، ثاني أكسيد الكبريت، الهيدروجين، أول أكسيد الكربون، الكلور، الفلور، كبريت الهيدروجين، وغيرها. ويختلف التركيب الغازي باختلاف درجات الحرارة، التي تعرضت لها الغازات.

2) ـ الحاصلات السائلة واللزجة:

وهي عبارة عن اللافا السيليكاتية الساخنة، التي تخرج من الفوهة البركانية، أو من الشقوق الجانبية. أما من حيث التركيب الكيميائي ودرجة لزوجة اللافا فنميز بين نوعين أساسيين من اللافا:

أ ـ اللافا الحامضية: وهي لافا لزجة تحتوي على نسبة مرتفعة من السيليسيوم (75٪)، لذلك لا تمتد كثيراً وتشكل سماكات كبيرة، على شكل لسان صخري على طرفي المخروط البركاني.

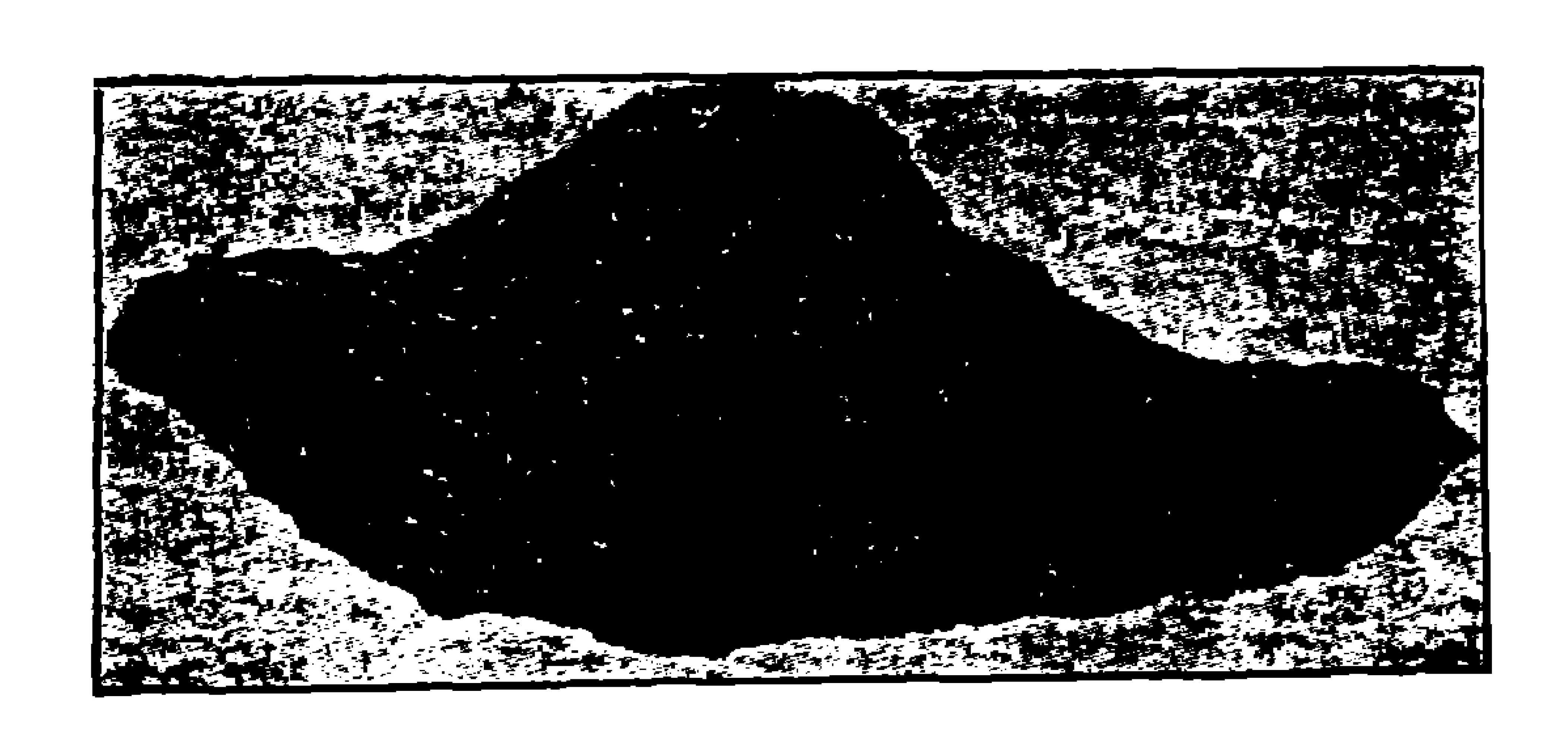
ب ـ اللافا أساسية التركيب: وهي عبارة عن لافا غير لزجة تحتوي على نسبة منخفضة من السيليسيوم (52٪)، تسيل هذه اللافا إلى مسافات كبيرة وتشكل توضعات شاسعة، ذات سماكات قليلة على شكل أغطية بركانية.

3) ـ الحاصلات البركانية الصلبة:

تضّم هذه الحاصلات كافة المواد الحطامية سواء كانت كبيرة الحجم أم صغيرة. ونذكر منها القنابل البركانية، على مختلف أشكالها وحجومها، القطع الصخرية، الرمال البركانية، الخبث البركاني، وأخيراً الرماد البركاني والغبار.

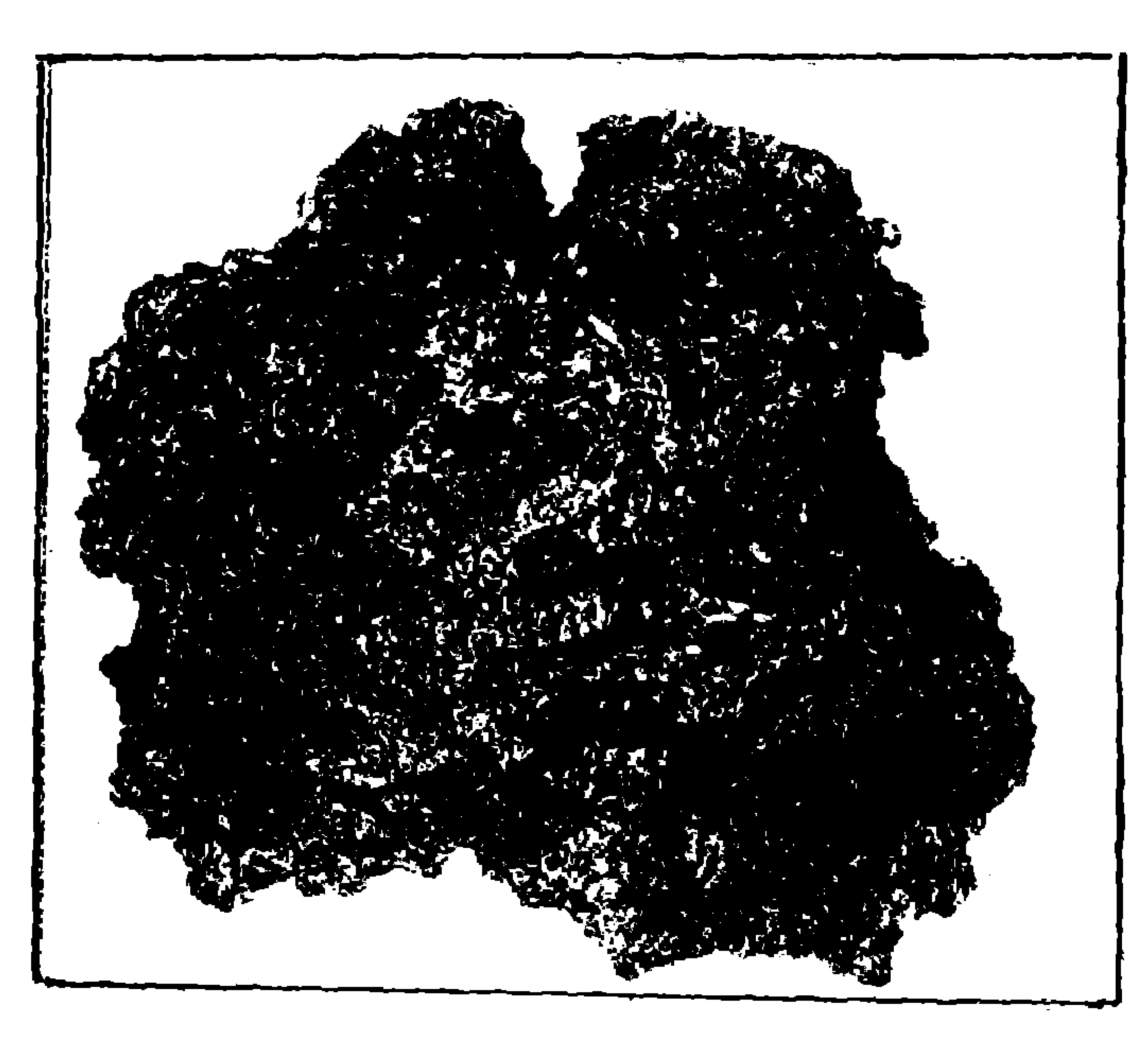
تتشكل القنابل البركانية من تصلب اللافا، التي تقذفها البراكين نحو الأعلى في فترة الاندفاعات البركانية. وتأخذ شكلها المغزلي الدوراني بتأثير الحركة اللولبية نتيجة لقوة الدفع الكبيرة، التي تتعرض لها قبل سقوطها على سطح الأرض.

تتراوح حجوم القنابل البركانية من (10 سم) إلى عدة أمتار. عادة ما يغطى سطح القنابل البركانية بقشرة زجاجية رقيقة تدل على التبرد السريع، الذي تعرضت له أثناء دورانها (الشكل: 3).



(الشكل: 3) ـ قنبلة بركانية، ذات شكل مغزلي نتيجة الدوران.

أما القطع الصخرية، فقد تكون عبارة عن بقايا من جدران المدخنة البركانية القديمة المحطمة بفعل الانفجارات البركانية وتتميز بكون حجومها متنوعة وتملك أشكالاً متعددة، وعادة ما تكون أطرافها زاوية حادة ومكسرة، وقد تكون القطع الصخرية عبارة عن بقايا الصخور المختلفة المجروفة مع اندفاع اللافا سواء كانت رسوبية، أو استحالية، أم اندفاعية قديمة.



(الشكل 4) ـ المقذوفات الخبثية البركانية.

يتميز الرمل والرماد البركاني بكون حجومهما قليلة جداً، وهذا ما يساعدهما في الانتقال إلى مسافات بعيدة عن مركز البركان قبل أن تتوضع مشكلة رواسب نارية خشنة، أو ناعمة.

كذلك من بين الحاصلات البركانية الصلبة، والتي تشارك في بناء المخروط البركاني، نذكر المقذوفات الخبثية البركانية، (الشكل: 4).

المقذوفات الخبثية البركانية عبارة عن قطع صخرية سوداء خفيفة الوزن، ذات فراغات ومسامات كثيرة، وتظهر فيها أحياناً بعض البلورات الدقيقة، التي تكون غارقة في وسط زجاجي غير مبلور.

الفصل الثاني

الاندفاعات البركانية

تعتبر الاندفاعات البركانية المرحلة التي تلي مرحلة انطلاق الغازات والأبخرة البركانية، حيث يبدأ أولاً انطلاق الغازات المحملة بالغبار والرماد البركاني، يليه انطلاق القنابل البركانية، والقطع الصخرية المتصلبة سابقاً، وبقايا جدران المخروط السابق المتهدم.

وفي المرحلة الأخيرة تخرج سيول اللافا المنصهرة في حالة كون المغما سائلة، أما في حالة كون المغما لزجة جداً فلا تظهر اللافا على شكل سيول مهلية، بل تتصلّب مباشرة بعد خروجها من الفوهة البركانية، وتشكل القبب البركانية والمسلات الصخرية.

1 ـ أنواع الاندفاعات البركانية:

عادة ما نميز بين عدة أنواع أساسية من الاندفاعات البركانية:

1) ـ الاندفاعات البركانية من نوع هاواي:

تتميز هذه الاندفاعات بكونها هادئة تترافق مع انفجارات ضعيفة، وبكون المغما بازلتية التركيب، ذات لزوجة قليلة وتصل درجة حرارة اللافا إلى (1200م°). وتكون حركيتها كبيرة، حيث تصل سرعتها إلى (8 ـ 10 م/ثا).

عادة ما تندفع اللافا من الشقوق الجانبية، كما تكون كمية الغازات المرافقة للاندفاع البركاني قليلة جداً. تنتشر هذه الاندفاعات بشكل خاص على براكين هاواي الشهيرة.

أحياناً تقوم الغازات بدفع المغما إلى السطح على شكل نوافير من اللافا قد يصل ارتفاعها إلى عدة مئات الأقدام، وفي بعض الحالات النادرة قد يصل ارتفاع نافورة اللافا إلى (300م). تكون السيول المهلية المتشكلة، ذات امتداد كبير وسماكة قليلة وتصادف فيها سطوح اللافا الكتلية والمتموجة (الشكل: 5)، (الجدول: 1).

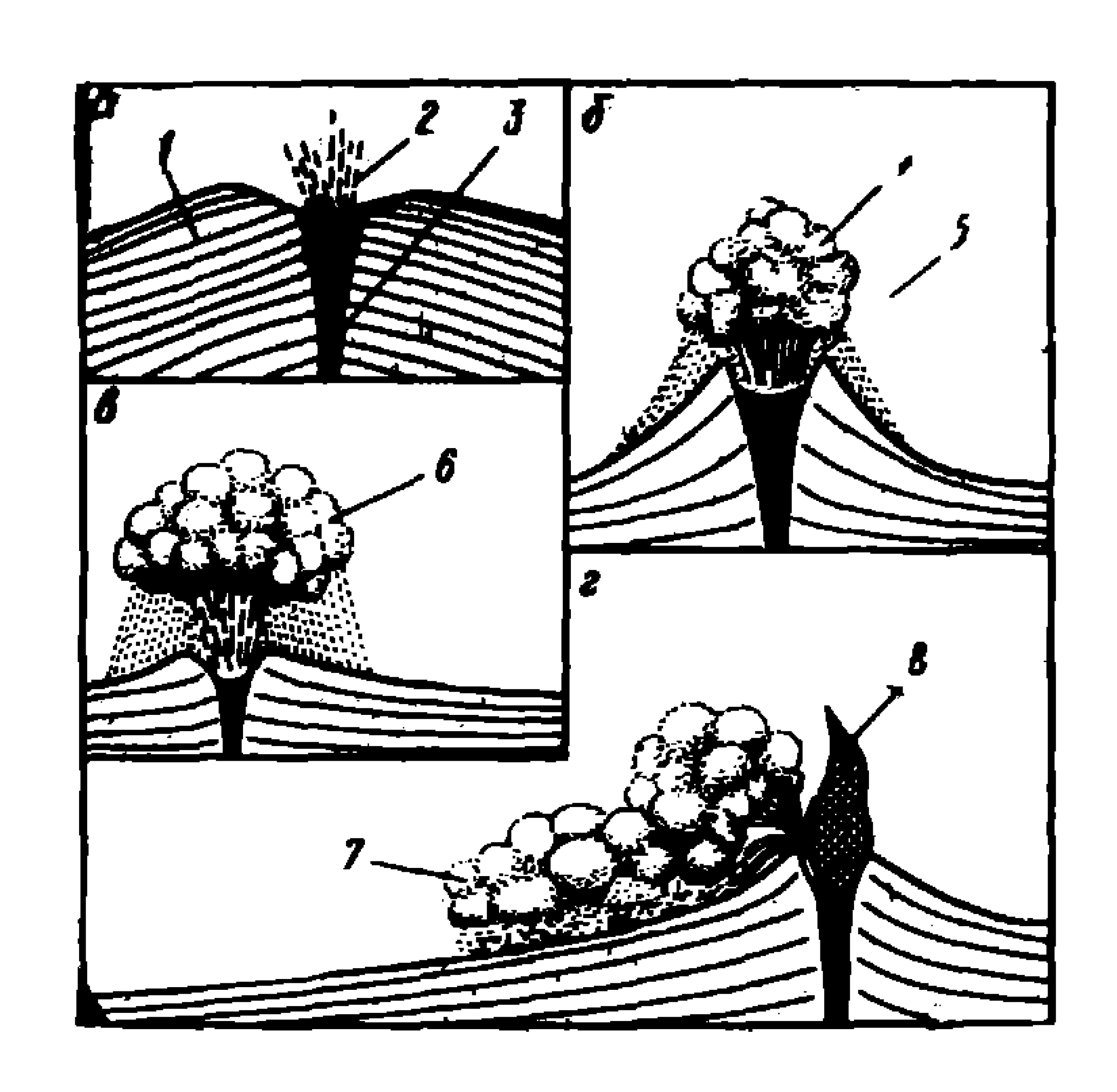
2) ـ اندفاعات الأغطية البركانية البازلتية:

تشبه كثيراً الاندفاعات البركانية من نوع هاواي، وتختلف عنها بكون اندفاعات الأغطية البازلتية هادئة جداً وتعطي كمية كبيرة من اللافا تنتشر على مساحات واسعة مشكلة أغطية من البازلت. ونادراً ما يتشكل مخروط بركاني مكان الاندفاع.

3) ـ الاندفاعات البركانية من نوع سترومبولي:

تتميز هذه الاندفاعات بكون اللافا أكثر لزوجة من الأنواع السابقة، وذات تركيب بازلتي، أو إنديزيتي، لذا تكون السيول المهلية المتشكلة قصيرة وذات سماكة كبيرة، ونادراً ما تتشكل هنا القنابل البركانية،

وتكون المقذوفات الصلبة عبارة عن قطع صخرية من بقايا جدران القمع والمدخنة البركانية المتهدمين. وتشكل هذه القطع، عندما تتجمع حول الفوهة البركانية، المخروط البركاني. كما تتميز سيول اللافا بكون سطوحها كتلية، ونادراً ما تكون سطوحها ملساء متموجة (الجدول: 1).



(الشكل: 5) ـ أنواع الاندفاعات البركانية الأساسية.

أ ـ إندفاعات من نوع هاواي.
ب ـ إندفاعات من نوع فيزوفان.
ج ـ إندفاعات من نوع سترومبولي.
هـ ـ إندفاعات من نوع بيلي.
1 ـ لافا متصلبة.
2 ـ لافا سائلة.
3 ـ قناة.
4 ـ سحب غازية مع رماد.
5 ـ رماد وقنابل بركانية.
6 ـ سحابة سوداء من الرماد.
7 ـ السحب المضيئة.
8 ـ لافا لزجة.

4) ـ الاندفاعات البركانية من نوع بيلي:

تتميز هذه الاندفاعات البركانية بكون اللافا المندفعة لزجة جداً، وأحياناً شبه صلبة، وبالتالي تكون القطع الصخرية حادة الأطراف والزوايا، وتبلغ درجة حرارة اللافا المصهورة حوالي (800م°).

تتميز هذه الاندفاعات أيضاً بظهور القبب البركانية، اما من حيث التركيب الكيميائي للافا فيكون منتسباً إلى الانديزيت، الداسيت، أو الريوليت، أو حتى التراكيت، ونادراً ما تكون ذات تركيب بازلتي. عادة ما تترافق الاندفاعات مع سلسلة من الانفجارات البركانية، التي تشكل الحطاميات البيروكلاستية.

5) ـ الاندفاعات البركانية من نوع بلينيانسكي (فيزوفان):

تتميز هذه الاندفاعات بقذفها كميات كبيرة من اللافا الغنية بالغازات

المندفعة من الشقوق الجانبية. وكما تقذف المواد البركانية على شكل سحب سوداء قاتمة وعندما تتوضع على الأرض تشكل الرماد البركاني، والسيول الموحلة.

تبلغ درجة حرارة اللافا (1000م°)، اما تركيبها الكيميائي فيكون من الإنديزيت، ونادراً من البازلت، وتكون اللافا لزجة وقليلة الحركة، لذا غالباً ما تتصلب وتغلق المدخنة البركانية.

وفي حالة حدوث اندفاع بركاني جديد يتم تهديم المدخنة القديمة بواسطة سلسلة من الانفجارات البركانية القوية، التي تترافق مع تشكل كميات كبيرة من المواد الحطامية البيروكلاستية (الجدول: 1) (الشكل: 5).

(الجدول: 1) ـ تصنيف الاندفاعات البركانية الرئيسية.

نوع الاندفاع	طبيعة المغما	صفات الانفجارات البركانية	خواص السيول المهلية	طبيعة ونوعية المواد المقذوفة	ملاحظات
إندفاعات الأغطية البازلتية	سائلة جداً	انفجارات ضعيفة وسيول اللافا مساميه وقد تشكل نوافير من اللافا	سيول مهلية تشكل أغطية بركانية واسعة الانتشار لأن اللافا غير لزجة	قنابل بركلنيه متنوعة الحجوم وقليل من الرماد البركاني	تكون المخاريط البركانية متنوعة وقليلة الميل تشكل أغلية ذات انتشار واسع وسماكة قليلة.
إندفاعات هاواي	سائلة	إنفجارات ضعيفة سيول اللافا سائلة	أغطية بركانية رقيقة وقليلة السماكة البركاني	قنابل بركانية وقليل من الرماد قليلة الميل.	تخرج اللافا على شكل نوافير تكون المخاريط البركانية
إندفاعات سترومبولي	متوسطة اللزوجة	إنفجارات متوسطة القوة	سيول قليلة الامتداد بسماكات كبيرة	قنابل بركانية خبث ورماد زجاجي	تتشكل المخاريط البركانية من الخبث البركاني.
إندفاعات فولكاني	لزجة	متوسطة إلى قوية تقذف كتل مهلية متصلبة	تكاد لا تظهر السيول المهلية	كتل زجاجية ورماد خفان مسامي	تتألف المخاريط البركانية من كتل صخرية ورماد
إندفاعات بيلي	أكثر لزوجه	متوسطة إلى قوية تقذف كتل صخرية	تشكل قبب صخرية أو سيول سميكة جداً	كتل زجاجية ورماد بركاني، خفان مسامي	تظهر القبب الصخرية تتألف المخاريط من الرماد والكتل

تابع (الجدول: 1) ـ تصنيف الاندفاعات البركانية الرئيسية.

نوع الاندفاع	طبيعة المغما	صفات الانفجارات البركانية	خواص السيول المهلية	طبيعة ونوعية المواد المقذوفة	ملاحظات
إندفاعات بليانسكي (فيزوفان)	لزجة جداً	قوية تقذف كمية من الرماد البركاني والسيول الموحلة	تتشكل سيول من الرماد البركاني	رماد بركاني زجاجي مع خفان مسامي الخفان والرماد البركاني.	يتم تشكيل كالديرة، لا توجد مخاريط بركانية تنتشر بكثرة صخور
الأغطية الريوليتية الريوليتية	لزجة	تقذ كمية قليلة من الرماد البركاني من الرماد البركاني	سيول من الرماد بسماكة كبيرة وحجم لعدة عشرات الكيلو مترات المربعة	رماد بركاني زجاجي خفان مسامي	لا يوجد مخروط بركاني يتم تشكيل كالديرة
أولترا فولكاني	لا توجد مغما	ضعيفة إلى قوية تقذف دتل صخرية	لا يوجد سيول	كتل صخرية بركانية ورماد بركاني	المخاريط البركانية مؤلفة من كتل صخرية ورماد بركاني
إندفاعات غازية	لا توجد مغما	بدون إنفجارات فقط تنطلق غازات	لا يوجد سيول	القليل من الرماد البركاني	لا توجد مخاريط بركانية
إندفاعات بخارية	لا توجد مغما	بدون إنفجارات غازات وأبخرة	لا يوجد سيول	القليل من الرماد البركاني	أحياناً تشكل بعض مخاريط الرماد الصغير الحجم

2 ـ أشكال ظهور اللافا:

نميّز بين نوعين من الصخور البركانية: صخور بركانية حقيقية تشكلت من تصلب سيول اللافا السائلة على سطح الأرض، وصخور بركانية اندفاعية تشكّلت وتبرّدت بالقرب من سطح الأرض، وعلى أعماق لا تتجاوز عشرات الأمتار في ظروف تحت سطحية.

يحدد نوع الاندفاع البركاني شكل وحجم الكتل البركانية الناتجة عن الانفجارات البركانية، حيث تكون الكتل الناتجة عن الاندفاعات من الشقوق، ذات مقاييس أكبر من الكتل الناتجة عن الاندفاعات البركانية من فوهات البراكين المركزية.

توجد عدة عوامل تلعب دوراً أساسياً في تحديد شكل وحجم الكتل، وكذلك تحديد نوع الاندفاعات البركانية، فيما يلي نذكر أهمها:

1 ـ شكل وطول القنوات المغماتية، التي تنقل المغما من الغرفة المهلية إلى سطح الأرض.

2 ـ المورفولوجيا السطحية لمكان حدوث الاندفاعات البركانية.

3 ـ درجة لزوجة اللافا، والتي تعتمد على نسبة الغازات والسوائل المنحلة في المغما، أو نسبة السيليسيوم، التي تزيد من لزوجة اللافا.

عادة ما نميز بين عدة أنواع من أشكال ظهور اللافا: السيول والأغطية البركانية، القبب الصخرية البركانية، المسلات الصخرية.

1) ـ السيول المهلية والأغطية البركانية:

2) تعتبر السيول المهلية والأغطية البركانية من أكثر أشكال ظهور اللافا انتشاراً. تصادف السيول المهلية بنسبة أكبر من الأغطية البركانية، وتنتج عن اندفاع اللافا من فوهات البراكين المركزية أو من الشقوق الجانبية، في حالة كون المغما لزجة، أو التضاريس غير مستوية.

تتميز الأغطية البركانية بانتشارها على مساحات واسعة جداً وبكون سماكتها قليلة جداً، بالمقارنة مع امتدادها. تتشكل الأغطية البركانية من اندفاع لافا غير لزجة، أي سائلة ذات تركيب بازلتي يحتوي على نسبة قليلة من السيليسيوم، وتندفع عادة من الشقوق التكتونية الجانبية، ونادراً ما تندفع من فوهات البراكين المركزية.

تنتشر السيول المهلية والأغطية البركانية على اليابسة وفي البحار والأعراف المحيطية المتوسطة، على حد سواء. وعادة ما تكون بازلتية التركيب، أما السيول، ذات التركيب المتوسط والحامضي فتكون أقل انتشاراً، وتتوضع على شكل لسان قصير وسميك، لأنها أكثر لزوجة من اللافا البازلتية.

2) ـ القبب البركانية والمسلات الصخرية:

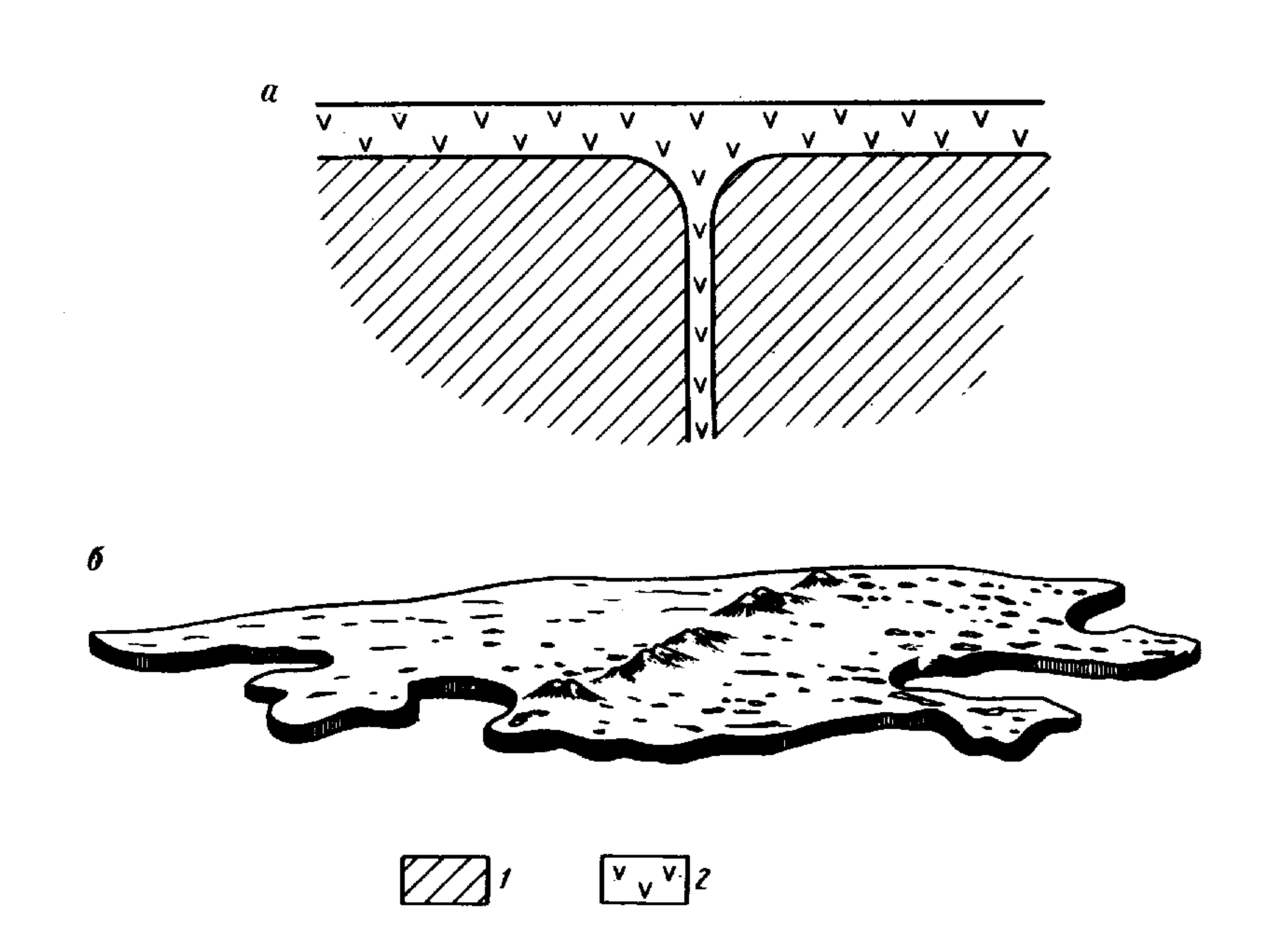
عندما تكون اللافا، ذات تركيب حامضي ولزوجة عالية فلا تستطيع السيلان لمسافات طويلة، لذلك تتصلب مباشرة فور خروجها من فوهة البركان مشكلة القبب الصخرية البركانية، والمسلات الصخرية. كقاعدة عامة تتشكل القبب البركانية والمسلات الصخرية من لافا حامضية لزجة جداً تحتوي على نسبة كبيرة من القلويات وتكون قريبة من اللافا ذات تركيب تراكيتي.

تعزى اللزوجة الكبيرة لهذه اللافا إلى احتوائها على نسبة عالية من السيليسيوم، وكذلك لفقدانها نسبة كبيرة من الغازات والسوائل المنحلة فيها.

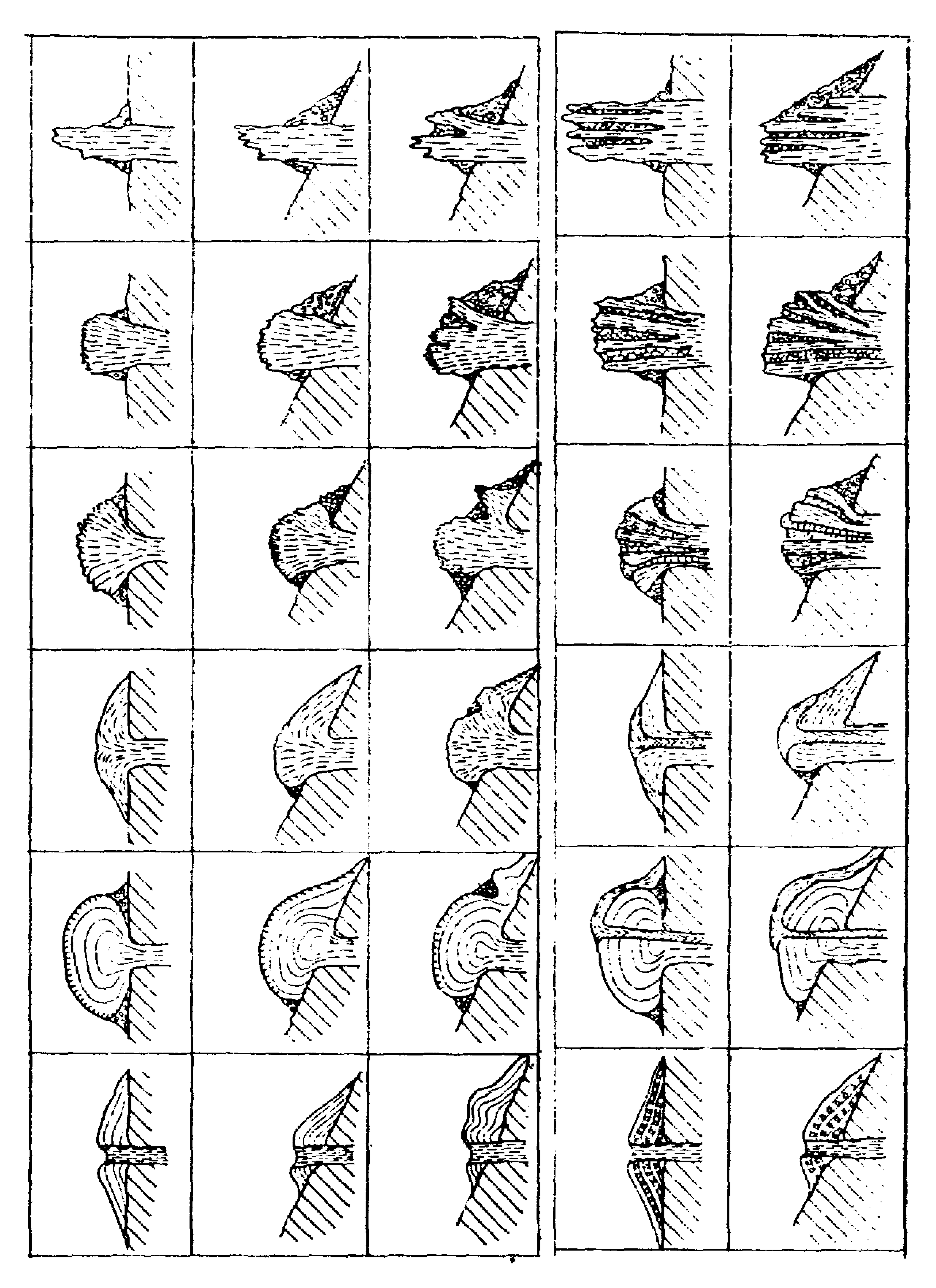
عادة ما تكون القبب البركانية متصلة مع الأقنية الناقلة للمغما في البراكين المركزية. تأخذ القبب الصخرية شكلاً بيضوياً، أو شبه دائري، أما المسلات الصخرية فتتميز بكونها متطاولة، حيث يصل طولها أضعاف قطرها، وذلك لكون اللافا المشكلة لها أكثر لزوجة من اللافا المشكلة للقبب الصخرية البركانية.



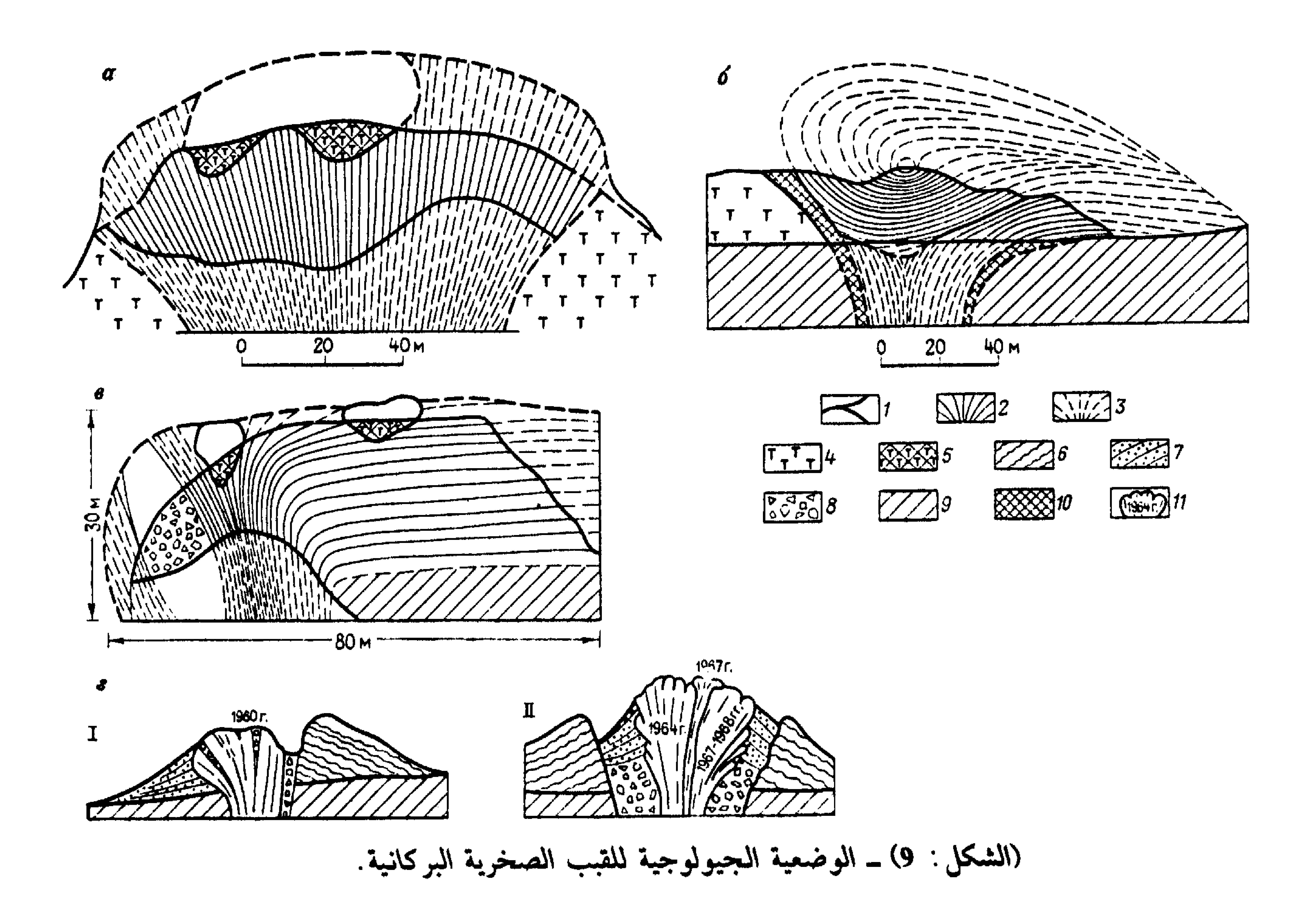
(الشكل: 6) ـ السيول المهلية والأغطية البركانية.



(الشكل: 7) ـ أ ـ السيول المهلية. ب ـ الأغطية البركانية.



(الشكل : (8) – الأنواع المنشئية المختلفة للقبب الصخرية البركانية.



(الشكل: 9) ـ الوضعية الجيولوجية للقبب الصخرية البركانية.

3 ـ مقارنة الاندفاعات البركانية القارية والمحيطية:

يوجد عدد من الفروق بين الاندفاعات البركانية القارية والبركانية المحيطية، وفيما يلي نذكر أهمها:

1) ـ تظهر المغما البازلتية السائلة في القارات والمحيطات، ولكن يقتصر ظهور المغما اللزجة، ذات التركيب الإنديزيتي، الداسيتي، والريوليتي على القارات وبعض الجزر البركانية القوسية القريبة من القارات.

2) ـ يترافق بازلت المحيطات مع كمية قليلة من التراكيت، الهاوايت، المودجيريت، الفونوليت، والنيفيلينيت.

3) ـ قد تصادف المجموعات الصخرية المميزة للمحيطات أحياناً في القارات.

4) ـ تتميز البركنة في منطقة المحيط الهادىء وبعض مناطق تشكل الجبال، حيث يوجد ثلاثة أرباع البراكين النشطة في العالم، بكونها مختلفة عن البركنة في مناطق محيطية أخرى ولها صفاتها الخاصة. وتتميز المغما ليس فقط بلزوجتها العالية بل أيضاً باحتوائها على كمية كبيرة من الغازات، بالمقارنة مع المحيطات، ويوضح هذا سبب كون الانفجارات البركانية شديدة التأثير والفعالية.

5) ـ تتميز البركنة القارية بانفجاراتها المزمجرة والمدمرة، بينما تكون البركنة المحيطية شبه خالية من الانفجارات، ما عدا الانفجارات الهيدرومغماتية.

6) ـ تكون غالبية البركنة المحيطية سطحية وتشكل الصخور البركانية، أما البركنة القارية فغالبيتها تحت سطحية وتشكل الصخور الاندفاعية العميقة.

تبلغ نسبة البراكين النشطة في المحيطات (17٪) من نسبة البراكين المعروفة، بينما تبلغ نسبة البراكين النشطة على القارات (83٪).

تتميز البركنة المحيطية بوجود مجموعات صخرية معينة، تبدأ بصخور البازلت الثيوليتي، ثم البازلت الغني بالصوديوم والكالسيوم، والسيليسيوم (البازلت

القلوي)، حيث تكون مغما البازلت القلوي غنية بالغازات البركانية، بالمقارنة مع مغما البازلت الثيوليتي، لذا تكون الانفجارات البركانية أكثر شدة وتدميراً، وأخيراً تغتني المغما بالقلويات وتصبح فقيرة بالمغنيزيوم، الحديد الكالسيوم، وتتشكل الصخور الإنديزيتية. ومن ثم في الختام تتشكل الصخور القلوية، مثل الهاوايت، المدجيريت، وكذلك التراكيت.

4 ـ النشاطات البركانية الهيدروترمالية:

ترتبط النشاطات الهيدروترمالية مع الاندفاعات البركانية، حيث تنتشر النشاطات الهيدروترمالية بالقرب من البراكين وعلى طول الشقوق التكتونية المجاورة خاصة الشقوق التكتونية الدائرية والحلقية حول الكالديرا البركانية.

تخرج الغازات المنحلة والسوائل الساخنة القادمة من الأعماق إلى سطح الأرض عبر الشقوق والفوالق البنيوية الموجودة في القاعدة الصخرية، وفيما يلي نذكر أهم ظواهر النشاطات البركانية الهيدروترمالية.

1) ـ الينابيع الحارة:

وهي الينابيع، التي تكون مياهها ساخنة عند خروجها من الينبوع وتنتشر عادة في المناطق البركانية. لكن ليس كل الينابيع الحارة ذات منشأ بركاني هيدروترمالي، خاصة تلك التي لا ترتبط مع النشاطات البركانية، ويعود الارتفاع في درجة حرارة المياه الجوفية إلى أن المياه قد وصلت إلى الأعماق السحيقة وتسخنت أثناء دورتها في باطن الأرض.

تتميز مياه الينابيع الحارة بكون تركيبها الكيميائي متغير جداً، وذلك بالاعتماد على تركيب وقابلية انحلال الصخور، التي تخترقها، وكذلك بالاعتماد على تركيب المياه الباطنية، التي تمتزج معها.

يدل طعم المياه الحامض على احتوائها على غازات بركانية حامضية منحلة. كما تحوي المياه الحارة على كميات جيدة من المواد المشعة مثل عنصر الرادون. عادة ما يحصل تغير في تركيب الصخور المحيطية بالينابيع الحارة. وقد تتحول

إلى غضار يحوي على الونيت مع أكاسيد وكبريتات الحديد.

كما تحتوي المياه الحارة على كمية من السيليسيوم المنحل، تشكل عندما تتوضع نوعاً من الطف السيليسي. كما تحتوي المياه الحارة أيضاً على محاليل كربوناتية ـ كلسية، التي تشكل بعد توضعها الطف الكلسي.

2) ـ النوافير المائية:

وهي شكل من أشكال النشاط البركاني الهيدروترمالي، حيث تشترك فيه المياه الحارة والأبخرة البركانية لتقوم بقذف الماء الساخن المشبع بالأبخرة على شكل نافورة يصل ارتفاع المياه فيها من بضعة سنتمترات إلى عدة مئات من الأمتار (كما في نيوزيلندا، نافورة اويمانغو، 450م). تبلغ درجة حرارة المياه (80 ـ 100م). وقد اكتشفت النوافير للمرة الأولى في إيسلاندا.

تعتبر نوافير المياه الساخنة ظاهرة غير دائمة، حيث تستمر لفترة زمنية قصيرة ثم تتوقف لأسباب خارجية، مثل الزلازل القوية، التي تقوم بتخريب الأقنية المغذية لهذه النوافير. وقد تتوقف هذه النوافير لأسباب داخلية، مثل انسداد الأقنية المغذية بالترسبات الكلسية والأوبالية، حيث تتضيق الأقنية في البداية، ومن ثم تسّد نهائياً.

تحتوي مياه بعض النوافير على كمية من الغازات البركانية المنحلة تمثل حوالي (5٪) من وزن الماء. عادة ما تكون مياه النوافير قلوية التركيب، ونادراً ما تكون حامضية، كما تحتوي على معادن وأملاح معدنية منحلة، مثل أملاح الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم المغنيزيوم، والسيليسيوم.

عندما تحتوي مياه النوافير على السيليسيوم المنحل، تتشكل مخاريط مائلة دائرية الشكل من الرسوبيات، ذات التركيب السيليسي وذلك حول فوهة النافورة.

تتميز كل نافورة بنوع معين من السلوك الدقيق، ولكنها تشترك جميعاً في كونها تعمل على مرحلتين: مرحلة أولية، حيث تقوم بتجميع قوتها وطاقتها، يليها مرحلة قذف الماء والبخار نحو الأعلى ويستمر ذلك لعدة ثواني، أو لعدة دقائق،

ثم تخمد بعدها لتجمع قواها وتعيد الكرّة من جديد بعد حوالي (10 دقائق)، وقد تصل مرحلة الراحة بين المرحلتين إلى (5 ساعات). تنتشر أهم النوافير المعروفة في العالم في وسط إسلاندا، نيوزيلندا، أمريكا، وكمشاتكه.

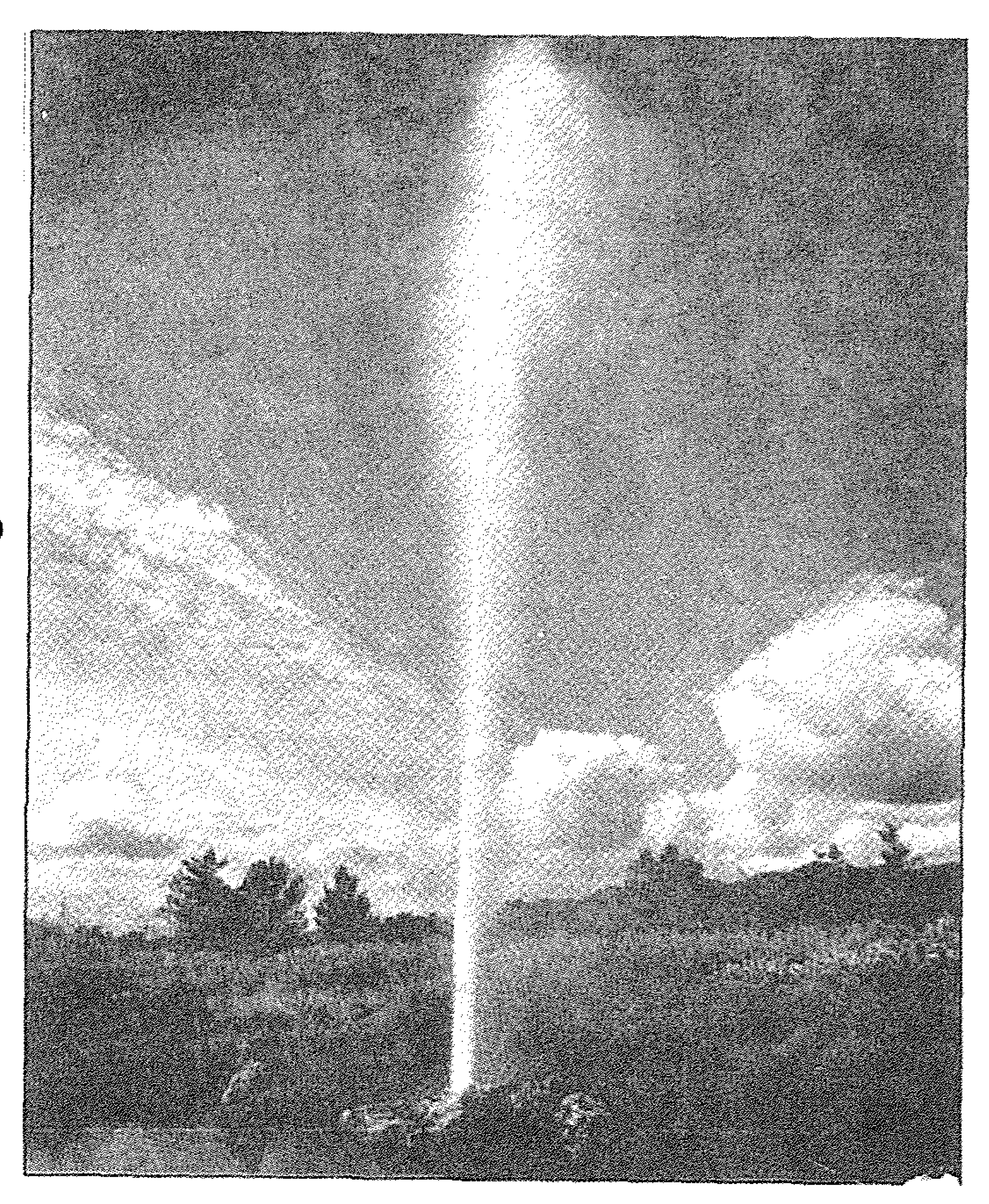
3) ـ الفوهات الغازية (الفومارول):

وهي عبارة عن فوهات تنطلق منها غازات بركانية. قد توجد هذه الفوهات داخل المخروط البركاني، أو على أطرافه أو حول المخروط البركاني. وعادة ما توجد على طول الشقوق التكتونية المستقيمة، والدائرية المحيطة بالمخاريط البركانية.

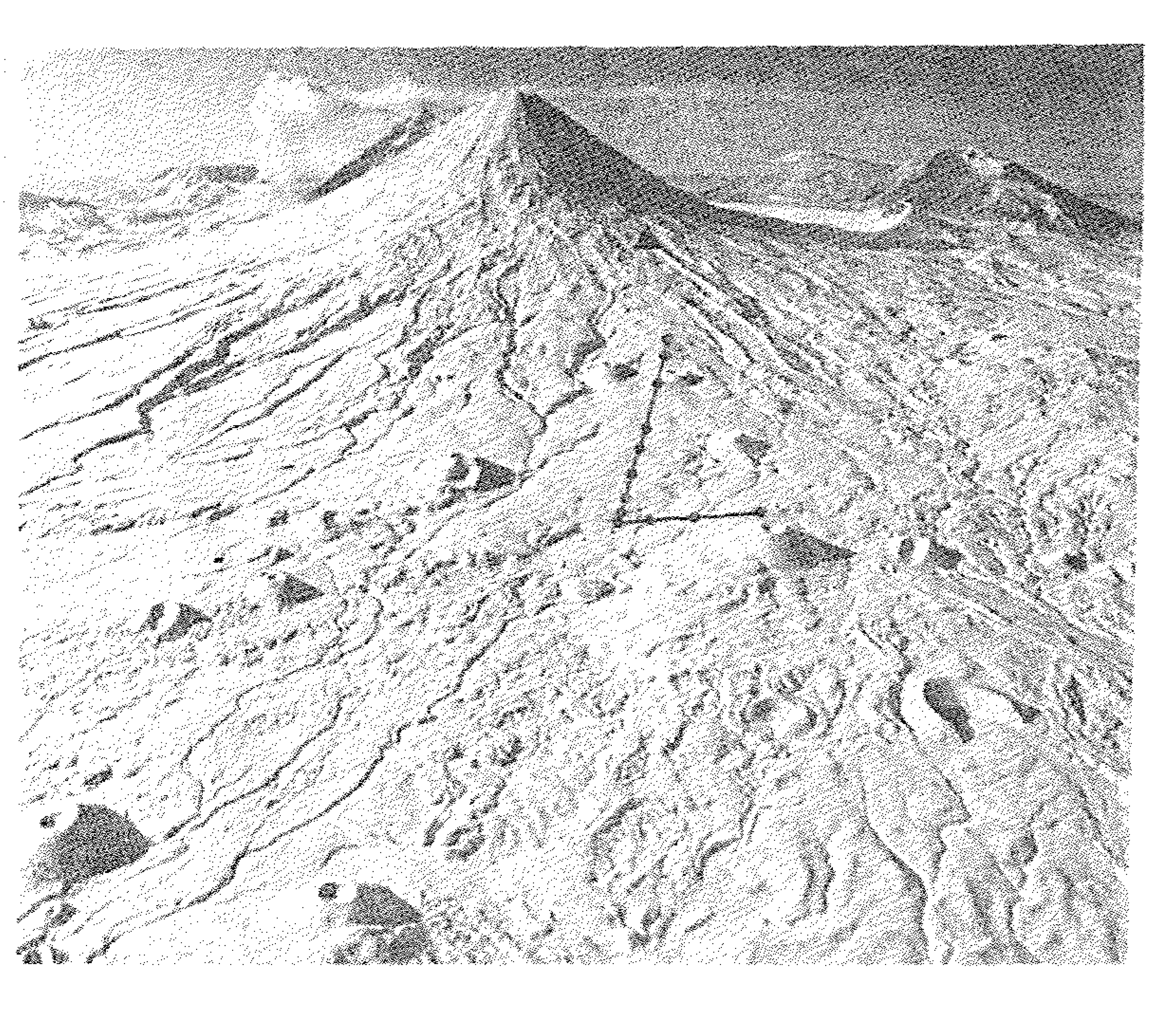
يكون التركيب الكيميائي للغازات البركانية متنوع جداً حيث يوجد بخار الماء، غاز ثاني أكسيد الكربون، غازات الكبريت، هيدروجين الكلور، كما توجد الغازات التالية بكميات قليلة: غاز أول أكسيد الكربون، هيدروجين الفلور، النشادر، كربون الهيدروجين، الهيدروجين، والغازات الخاملة كالارغون.

عادة ما يكون مصدر هذه الغازات متنوع جداً، فقد تكون غازات عميقة تحررت من المغما أثناء تبردها وتبلورها، أو غازات منحلة في المياه الباطنية، التي كانت على تماس مباشر مع الكتل المهلية الساخنة، أو من امتزاج المياه الباطنية مع الغازات الحارة القادمة من الأعماق.

(الشكل : 10) ـ بركان ذو مخروطين بركانيين وفوهتين إحداهما نشيطة وتقذف الغازات البركانية.



(الشكل: 11) ـ نافورة كاليستوجا المائية.



(الشكل: 12) ـ براكين الطين تقذف الوحل.

4) ـ بحيرات المخاريط البركانية:

وهي بحيرات تتشكل من تجمع المياه في فوهات المخاريط البركانية. يمكننا التميز بين عدة أنواع من بحيرات المخاريط، وذلك حسب طبيعة الماء الموجود فيها، ونأخذ على سبيل المثال بحيرات المخاريط البركانية في جزيرة كمشاتكه البركانية.

1 ـ بحيرات ذات مياه باردة.

2 ـ بحيرات ذات مياه ساخنة ممعدنة.

3 ـ بحيرات ذات مياه متوسطة الحرارة.

كما تحتوي بحيرات المخاريط البركانية على مياه كبريتية حمضية، ومياه كلورية، ومياه تحتوي على كبريتات الحديد، ومياه تحتوي على الجص، أو الاوبال، أو الكاولينيت، أو الباريت، وغيرها. وعندما تترسب هذه المواد تعطي توضعات رسوبية متنوعة جداً.

5) ـ براكين الطين:

عبارة عن براكين مخروطية صغيرة الحجم، يبلغ ارتفاعها (1 ـ 2م)، ويتألف من الرمل والطين. تقذف هذه البراكين الوحل، حيث تقوم الغازات، والأبخرة المتسربة عبر الشقوق بدفع الطين، والرمل نحو الأعلى. ولعل أشهر براكين الطين تلك البراكين الموجودة في حقول النفط في أذربيجان.

6) ـ الحقول الهيدروترمالية:

وهي عبارة عن حقول يبلغ طولها حوالي (1,5 كلم)، بعرض (200 ـ إلى 400م)، حيث تنتشر في هذه الحقول كافة أنواع النشاطات البركانية الهيدروترمالية، التي ذكرناها سابقاً، من ينابيع حارة، وفوهات غازية، ونوافير مائية، وبحيرات صغيرة، وبراكين طينية، وينابيع معدنية وكبريتية، وغيرها من الظواهر البركانية الهدروترمالية النادرة.

عادة ما توجد هذه الحقول الهيدروترمالية في المناطق البركانية النشيطة، وترتبط بوجود الشقوق والفوالق العميقة، حيث تتسرب معظم الغازات والأبخرة، والمياه الحارة الممعدنة عبر الشقوق إلى سطح الأرض. توجد أشهر هذه الحقول الهدروترومالية في شبه جزيرة كمشاتكه البركانية.

الفصل الثالث

الأخطار الناجمة عن الاندفاعات البركانية

تعتبر الاندفاعات البركانية من أكثر الظواهر الطبيعية، التي تلحق الأذى بشكل مباشر وخطر بالمجتمعات الإنسانية، وذلك لكونها تتوضع بالقرب من المدن والقرى والتجمعات السكانية الكثيفة.

إن التوزع الجغرافي للبراكين بالقرب من المدن والمناطق المأهولة بالسكان لم يسهل عملية فهم الإنسان لطبيعة البراكين بشكل تام، وحل كل التساؤلات والأسرار، التي لم يتوصل إليها مثل آلية الاندفاعات البركانية، وبنية أعماق الأرض، وجذور هذه البراكين، ومراكز تغذيتها، وكان لا بد من استخلاص بعض الاستنتاجات انطلاقاً من بعض المعطيات المتوفرة ومن ثم استخدامها لفهم طبيعة وآلية الاندفاعات البركانية.

1 ـ الاندفاعات البركانية لبركان كراكاتا:

حدث الاندفاع البركاني غير المتوقع لبركان كراكاتا في عام 1883م، ويقع البركان في جزيرة كراكاتا التابعة لأرخبيل مالي، في خليج (زوند) بين جزر ذات كثافة سكانية عالية (سومطرة، ويافا).

لقد اعتبر هذا البركان خامداً منذ أكثر من (300 عام). بدأت الاندفاعات البركانية بقذف الرماد البركاني، والغازات البركانية، من الفوهات البركانية الجانبية، التي تحيط بالجزيرة.

وبعد ثلاثة أشهر من هذه الحادثة سمع ضجيج جوفي قوي أدى إلى حدوث انفجار ضخم. وقد ارتفعت سحابات الرماد البركاني إلى ارتفاع (30 كلم) بحيث

غطت وجه الشمس وتحول النهار إلى ليل، وقد تشكلت نتيجة لتوضع ذرات الرماد البركاني، المعلقة في الهواء، طبقات الرماد البركاني وصلت سماكتها إلى (1,5م).

ترافق انطلاق الرماد البركاني مع تطاير قطع صخرية وقنابل بركانية مختلفة الحجوم. وقد حملت الرياح العاصفة ذرات الرماد والقطع الصخرية، والقنابل البركانية إلى خليج (زوند)، كما كان جو المنطقة مكهرباً لشحنه بشحنات كهربائية.

استمرت الانفجارات البركانية العنيفة حتى صباح اليوم التالي، وعند الفجر حدث انفجار عنيف جداً أدى إلى ارتفاع الأمواج البحرية إلى (30م)، التي اجتاحت الشواطىء والمدن والقرى. وقامت الأعاصير البحرية بتخريب السكك الحديدية، والغابات، والمنشآت، واستمرت ثلاثة أيام.

وبعد زوال سحب الرماد تبين أن الجزء الأكبر من الجزيرة قد اختفى نتيجة الانفجارات البركانية. وقد تشكل في مكان الجزيرة كالديرة بركانية (عبارة عن فوهة بركانية قطرها 3 كلم، وعمقها 300م)، وبعد إشراق الشمس وهدوء العواصف والأعاصير البحرية تبين أن هذه الجزيرة قد عانت من مأساة كبيرة، أدت إلى انجراف التربة، وقطع الأشجار من جذورها، وتشكل تيارات من المياه الموحلة المحملة بقطع البناء المهدم، وجثث الحيوانات والبشر.

ولقد شمل الدمار مساحة كبيرة بلغ نصف قطرها (20 كلم) اعتباراً من البركان. وقد لقى كل السكان حتفهم، وبلغ عددهم حوالى (40 ألف ضحية). تم التعرف على الحادث ورسم التصور الكامل لما حدث بعد أن قام علماء البراكين بدراسة المنطقة المنكوبة بشكل تفصيلي.

وتبين لهم أنه بعد الانفجار الأول، الذي حدث نتيجة لانسداد المدخنة البركانية بالمواد الصخرية القديمة، وبسبب الضغوط الغازية الهائلة تم تفجير المدخنة القديمة، وقذفها على شكل قطع صخرية ورماد بركاني.

بعد ذلك دخلت مياه البحر إلى الفوهة البركانية، وفور ملامستها اللافا

الملتهبة حدثت عدة انفجارات، ونتيجة الانفجار الأخير تم تدمير البركان، وبالتالي ظهرت مكانه كالديرة تم ملئها بالمياه البحرية فيما بعد وبشكل سريع.

قام البركان بقذف حوالي (18 كلم^3) من الرماد البركاني، والقطع الصخرية، والقنابل البركانية. وقد وصلت الجزئيات الدقيقة من الرماد البركاني إلى ارتفاع (70 كلم)، ومن ثم انتشرت في الغلاف الجوي الأرضي بألوان وأشكال مختلفة في مناطق العالم كافة.

أما الأعاصير البحرية المتشكلة نتيجة الاندفاعات البركانية، فقد شكلت أمواج بحرية عنيفة تراوح ارتفاعها ما بين (30 ـ 35م). وانتشرت من جزيرة مدغشقر حتى المحيط الهندي، والمحيط الهادىء على شواطىء أمريكا الجنوبية. وقد ظهر تأثيرها أيضاً على شواطىء المحيط الأطلسي.

كما سجلت المحطات الأرضية في كل أنحاء العالم تغيرات الضغط الجوي الناتجة عن الموجات الانفجارية، التي هزت الكرة الأرضية ثلاث مرات. وقد سمع صوت الانفجارات في جزيرة سيريلانكا، واستراليا، وجزر الفليبين، وذلك في منطقة نصف قطرها (3000 كلم)، وقد شهدت الجزر المجاورة عدة هزات أرضية خفيفة.

ترافقت الانفجارات البركانية مع تحرر طاقة داخلية انفجارية كبيرة بلغت (10^{26}ارغ). تعتبر الاندفاعات البركانية من نوع بركان (كراكاتا) من الكوارث الطبيعية الحقيقية العنيفة، التي تسببها البراكين على سطح الكرة الأرضية.

نذكر من البراكين المشابهة لبركان كراكاتا، بركان (سانتورين)، و(تامبورا)، الذين تبلغ الطاقة الداخلية الانفجارية لهما أكثر بعشر مرات طاقة بركان كراكاتا، حيث بلغت الطاقة الانفجارية (10^{27}ارغ).

2 ـ الاندفاعات البركانية لبركان تامبورا:

يقع بركان تامبورا في جزيرة سومبافا، التي تقع شرق جزيرة يافا، وقد حدث الانفجار عام 1815، وراح ضحيته (60 ألف شخص). كما تم تخريب

وإتلاف المواد الغذائية الاحتياطية وقتل الحيوانات المنزلية، مما أدى إلى موت ما تبقى من السكان نتيجة الجوع.

تشكل بعد الانفجار، الذي فجر المخروط القديم، مخروط حديث بقطر (6,5 كلم)، بعمق (700م)، وقد قذف البركان حوالي (180 كلم^3) من الرماد البركاني.

3 ـ الاندفاعات البركانية لبركان سانتورين:

يقع بركان سانتورين في أرخبيل الجزر الواقعة في بحر إيجة، وقد حدث الانفجار منذ (3500 سنة مضت)، واعتبر سبباً لتدمير المدينة والقضاء السريع على حضارة المينوى.

من الجدير بالذكر القول إنه عندما يكون ضغط الغازات قوياً يؤدي إلى قذف الرماد والرمل البركاني إلى ارتفاعات عالية، حيث تنتشر الغازات في الجو الأرضي، بينما يسقط الرمل والرماد البركاني على الأرض ويتوضع على شكل طبقات. وعندما يكون الضغط الغازي منخفضاً وتخرج الغازات محملة بالرمل والرماد البركاني بشكل بطيء وتتوضع مباشرة على طرفي المخروط البركاني.

4 ـ الاندفاعات البركانية لبركان مونبيليه:

حدثت الاندفاعات البركانية في ربيع عام 1902 على جزيرة (مارتينيكا)، الواقعة ضمن مجموعة جزر (انتيل الصغرى)، على بركان مونبيليه، الذي يتوضع في مركز الجزيرة، والمعتبر بركاناً خامداً.

لقد سبق النشاطات البركانية مجموعة من الهزات الأرضية الخفيفة، تلتها ظهور غيمة كثيفة محرقة من الغازات البركانية غطت سماء المدينة المجاورة (سين ـ بير)، والخليج المجاور. وقد تحولت المدينة خلال لحظة إلى رماد ومسحت من على وجه الأرض.

أما الأمواج البحرية فقد بدأت تغلي من شدة الحر وتحولت إلى أعمدة

ضخمة من البخار المتصاعد إلى السماء والمخلوط مع الغازات البركانية الساخنة، التي قامت بحرق سبعة عشر سفينة كانت راسية في الميناء. وقد بقي على قيد الحياة شخصين من أصل (40 ألف) مواطن كانوا يقطنون المدينة.

لقد نتج عن الانفجار القليل من الرماد البركاني، بينما تركزت قوتها التخريبية في الانفجار الحراري القاتل. واعتبر هذا النوع من البراكين نموذجاً جديداً ومستقلاً من الكوارث البركانية سمي (بيليسكي).

5 ـ الاندفاعات البركانية لبركاني كاتماي وبزايمياني:

يقع بركان كاتماي في الياسكا، بينما يقع بركان بزايمياني في شبه جزيرة كمشاتكه. حدثت الاندفاعات البركانية لبركان كاتماي في عام 1912 أما انفجار بركان بزايمياني فقد حدث في عام 1956.

كانت الاندفاعات البركانية ضخمة وتشبه اندفاعات بركان مونبيليه، وقد بلغت القوة الانفجارية لبركان كاتماي (10^{25}ارغ)، أما بركان بزايمياني فقد بلغت قوته الانفجارية (10^{22}ارغ). وقد اعتبر هذان البركانان من البراكين المهمة في القرن العشرين.

تميز البركانان عن بركان مونبيليه بانفجاراتهما الضخمة والقوية المترافقة مع انطلاق كميات كبيرة من الرماد البركاني والغازات البركانية. ولحسن الحظ لم تلحق الانفجارات البركانية الأذى بالبشر، وذلك لكونهما يقعان في مناطق غير مأهولة بالسكان، وقد اقتصر الأذى على الخسائر المادية والطبيعية، حيث تم إحراق الغابات المجاورة لهما.

لقد ترافقت الاندفاعات البركانية مع نشاطات زلزالية معتبرة، ويعتقد أن الانفجار قد تم نتيجة امتلاء المدخنة البركانية باللافا اللزجة، حيث لم تتمكن الغازات من الخروج بشكل نظامي فاضطرت إلى تفجير المدخنة القديمة.

وفي كلا الحالتين أدت الانفجارات البركانية إلى تهديم المخروط البركاني، علماً أن هذين البركانين اعتبرا خامدين تماماً، حتى أن المختصين بالبراكين

لم يتوقعوا حدوث هذه الانفجارات المدمرة، مثلاً بركان بزايمياني وحتى بدء انفجاره لم يكن يملك اسمه الخاص به (بزايمياني: يعني عديم الإسم بالروسية)، وذلك لأنه في السابق لم يجلب انتباه علماء البراكين، أو حتى السكان المحلين.

ومن الحاصلات البركانية السائلة، التي تنتج أثناء الاندفاعات البركانية نذكر اللافا السائلة، والتي تملك قوة تدميرية كبيرة حيث أنها تقوم بصهر كل شيء في طريقها بما فيها الأحجار سابقة التشكل، وتحرق الغابات، وتهدم المنازل والمنشآت، وتخرب الطرقات والسكك الحديدية، وخطوط الهاتف والكهرباء، كما تسبب الكثير من الحرائق.

كما تقوم اللافا بقتل البشر والحيوانات وتحولها إلى رماد متفحم كما يمكن للافا أن تصهر الكتل الجليدية والثلوج مشكلة سيول وفيضانات فورية قوية وسريعة تؤدي لإغراق المزارع والغابات، والبيوت والحيوانات والناس. وفي بعض الأحيان يترافق اندفاع اللافا مع هزات أرضية مختلفة الشدة

6 ـ الاندفاعات البركانية لبركان فيزوف:

يعتبر بركان فيزوف من البراكين النموذجية، التي تقذف الرماد البركاني واللافا السائلة معاً. ظهر بركان فيزوف منذ (10 آلاف سنة)، وخلال عدة قرون من الحضارة الرومانية القديمة لم يظهر هذا البركان أي نشاطات بركانية.

وفي عام 79 قبل الميلاد بدأ النشاط البركاني باندفاع كمية كبيرة من الرماد البركاني طمرت مدينتي (بومبي وستابى) معاً بما فيها السكان، الذين لم يتمكنوا من النزوح عن المنطقة. كما تشكلت سيول موحلة مؤلفة من الماء والرماد البركاني، مما أدى إلى إغراق الكثير من الناس.

منذ تلك الأيام ما زال بركان فيزوف مستمراً في نشاطه البركاني مع بعض فترات الاستراحة. واعتباراً من عام 79 إلى عام 1500 حدثت عشرة اندفاعات بركانية قوية. وقد بلغت فترة الاستراحة بين آخر اندفاعين بركانيين ما يقارب (400 سنة)، بعدها حدثت ثمانية اندفاعات بركانية صغيرة.

وحتى عام 1036 حدثت عدة اندفاعات انفجارية تم خلالها قذف الرماد البركاني. وفي مرحلة لاحقة بدأت الحاصلات البركانية السائلة والرماد البركاني بالاندفاع ولمدة عشرة شهور، حيث غمرت اللافا الأبنية إلى ارتفاع الطابق الثالث، كما هدمت الكثير من المباني بفعل حرارتها وقوة ضغطها.

أما الاندفاعات البركانية القوية لبركان فيزوف فقد حدثت في عام 1944 خلال الحرب العالمية الثانية، عندما هجمت قوات الحلفاء على جيش هتلر، حيث قامت سيول اللافا بتدمير مدينة (سانغسيباستيا)، وبعض القرى المجاورة. وقد غطى الرماد البركاني أرض المطارات والحق الأضرار بالطائرات، واعاق التحركات العسكرية.

وهنا لا بد أن نذكر الدور السلبي والمدمر، الذي تلعبه السيول الموحلة، التي تتشكل أثناء الاندفاعات البركانية، والناتجة عن ذوبان الثلوج والجليديات، أو عن اندفاع ماء بحيرات المخاريط البركانية، واختلاطه مع الرماد البركاني والقطع الصخرية الأخرى، ومن ثم تشكيل السيول الموحلة، التي تندفع بسرعة مذهلة باتجاه الحقول والمدن، والقرى، حيث تبدأ بأعمالها التخريبية، وهذا ما حدث تماماً في عام 79 على بركان فيزوف.

في الوقت الحاضر يعتبر الباحثون أن السيول الموحلة تأتي بالدرجة الثانية بعد غيوم الرماد المحرقة، من حيث قدرتها على إحداث الخسائر البشرية والمادية الجسيمة. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الأضرار، التي تلحقها البراكين بالإنسان لا تقتصر على اليابسة وإنما تتجاوزها إلى البحر. فغالباً ما تؤدي الاندفاعات البركانية تحت البحرية إلى قذف القنابل البركانية، واندفاع اللافا وتشكل الجزر البركانية، التي قد تظهر فوق سطح الماء. وقد تتشكل تحت سطح الماء وتكون غير مرئية، وهذه الجزر بشكل خاص تعتبر خطرة جداً على طرق الملاحة العالمية، وعلى السفن الكبيرة والصغيرة، وذلك بسبب اصطدام السفن بهذه الجزر غير المرئية، والتي لم تكن موجودة في السابق، أي أنها تشكلت منذ فترة وجيزة ولم يتم التعرف عليها لتجنب الاصطدام بها.

وكثيرة هي الحوادث التي اصطدمت بها السفن مع الجزر البركانية تحت السطحية، أو مع تجمعات كبيرة من الخبث البركاني والخفان الطائشة فوق سطح الماء، وقد سمي البرفيسر ماكدونالد من جامعة هاواي، البراكين المحيطية تحت السطحية بالقتلة المتخفين.

وفي الختام لا بد من القول بأن معظم الباحثين في مجال الكوارث الطبيعية يصنفون الأضرار الناجمة عن اندفاع اللافا على أنها متوسطة الحجم، بالمقارنة مع الكوارث الطبيعية الأخرى، وذلك لكونها لم تلحق الكثير من الخسائر البشرية، علماً أنها ألحقت الكثير من الخسائر المادية.

ويعزون ذلك إلى كون السيول المهلية تتحرك ببطىء، وبالتالي يتمكن الإنسان والحيوانات من مغادرة المكان والنجاة بسهولة، ولكن هذه ليست قاعدة عامة، حيث سجل التاريخ الكثير من اندفاعات اللافا التي قتلت الكثير من الناس. فمثلاً في عام 1783 في إيسلاندا انشقت الأرض لمسافة (25 كلم)، وانطلق الرماد البركاني من الشقوق، وقد تشكل على طول الشقوق حوالي (100 مخروط) بركاني صغير، بدأت بقذف اللافا السائلة، التي تجمعت في سيل مهلي واحد كبير أخذ يجري على طول المنحدرات الجبلية مشكلاً سيول وشلالات من اللافا، ومن ثم صبّ في ماء النهر، الذي أخذ الماء فيه يغلي، وأدى إلى تخريب الموسم الزراعي في المنطقة، لذلك مات غالبية السكان من الجوع.

في بعض الأحيان يترافق اندفاع اللافا مع انطلاق غازات سامة تؤدي إلى قتل الكثير من السكان. نادراً ما تتألف الحاصلات البركانية من اللافا فقط، وفي غالبية الأحيان تكون الحاصلات البركانية مؤلفة من الرماد البركاني والغازات البركانية والقنابل البركانية بالإضافة إلى اللافا.

الجزء الثاني

الهزات الأرضية أو الزلازل

الفصل الرابع

معلومات عامة عن الزلازل

الهزات الأرضية أو الزلازل حركات أرضية فجائية سريعة وخاطفة تصيب القشرة الأرضية وتؤدي إلى كوارث هائلة، وتكون الهزات أفقية، أو دائرية، أو شاقولية، تنبعث من مركز متوضع داخل الأرض على أعماق مختلفة.

تكون شدة الزلزال أقوى ما يمكن في منطقة المركز وتخف شدته وتضعف الموجات الاهتزازية كلما ابتعدنا عن مركز الزلزال، ويمكن تحديد مناطق دائرية كنطاقات أو أحزمة حول المركز تتساوى فيها الشدة تدعى منحنيات تساوي شدة الهزة.

تنتج الزلازل بسبب قوى التشويه، التي تصيب الأرض وتشكل فوالق وتصدعات ومناطق ضعيفة ومخلعة تكتونيا تقع في حالة عدم استقرار، حيث تتعرض صخور القشرة الأرضية باستمرار لضغوط وقوى شد نتيجة تأثير قوى مختلفة في شدتها واتجاهاتها، وعندما تصل التشوهات إلى حد المرونة ينطلق الجهد المتجمع بشكل فجائي فيؤدي إلى تصدع هذه الصخور وانزلاق الكتل الصخرية وتترنح الصخور المحيطة فتسري الذبذبات على شكل موجات اهتزازية خلال القشرة الأرضية وفي باطن الأرض.

وقد تنشأ الزلازل في كثير من الحالات عن القوى الناتجة من حركات المغما من داخل الأرض إلى السطح، وغالباً ما يحدث هذا النوع من الزلازل في المناطق ذات النشاطات البركانية، حيث تسبق الهزات الأرضية ثورات البراكين وتكون مؤشراً على قرب الاندفاعات البركانية مما يُمكن الإنسان من تجنب أخطار البراكين.

وقد تنشأ بعض الهزات الأرضية الخفيفة والمحلية في مناطق انهيار المغاور والكهوف في الصخور الكلسية نتيجة عمل المياه الجوفية الحتي، الذي يؤدي إلى تشكيل فراغات وكهوف تحت سطحية وتعتبر مناطق ضعيفة تسقط فور تعرضها لقوى ضغط كبيرة.

1 ـ المؤشرات التي تسبق الزلازل:

عادة ما تسبق حدوث الزلازل الكبيرة ارتعاشات خفيفة قد يشعر بها الإنسان، قبل ساعات من الزلزال وتكون بمثابة إنذار مباشر بحدوثها، وفي بعض الأحيان في حالة الهزات العنيفة تسبق بفترة قصيرة جداً لدرجة يصعب على الإنسان أن يحتاط أو يتخذ الإجراءات الوقائية.

أما المؤشر الطبيعي الثاني المُنذر بقرب حدوث هذه الزلازل فيعتبر اضطراب الحيوانات واحساسها بالذعر الشديد كما تخرج التماسيح من الماء وتهاجر الطيور، ويعود هذا الاضطراب في سلوك الحيوانات إلى إنطلاق غازات كبريتية من خلال شقوق الأرض، كما ويسبق الهزة الأرضية ضجيج جوفي ناجم عن ضغط الغازات والأبخرة. فالحيوانات تسمع هذه الأصوات قبل الإنسان لقرب أذانها من الأرض، لكونها تملك حاسة سمع أدق من الإنسان فتشعر بالخطر وتهرب.

شدة الزلازل ودرجاتها:

عندما تكون الزلازل خفيفة الشدة لا يمكن كشفها إلا بواسطة مراصد الزلازل، في حين تنتهي الهزات القوية بنكبات وكوارث فاجعة وتلاحظ آثارها عبر مئات آلاف من الأمتار. ويرتبط بذهن الكثير منا أسماء مناطق معينة في العالم تحدث فيها الزلازل بشكل شبه دائم ومؤثر كاليابان، إيطاليا، وأرمينيا، غير أن هذه الزلازل، التي نسمع عنها هي في الواقع نسبة ضئيلة جداً من الزلازل، حيث تحدث الزلازل في مناطق أقل شهرة كأغادير، القاهرة، وغيرها، وتشير مراصد الزلازل إلى حصول (150 ألف هزة سنوياً).

تقدر شدة الزلازل بالإِعتماد على الآثار، التي تنجم عن هذه الزلازل، وبناء

على مراقبتها وطبيعة الهزة الأرضية من حيث قوتها وسرعتها والفترة الزمنية لاستمرارها قام العلماء بتصنيف الهزات إلى 12 درجة.

تكون الهزات الأرضية من الدرجة الأولى إلى الرابعة هزات خفيفة، ضعيفة القوة يشعر بها بعض الناس خاصة في الطوابق العالية، كما تسجلها مراصد الزلازل.

تكون هزات الدرجة الخامسة قوية يشعر بها كل شخص، وتؤدي إلى إيقاظ النائمين.

هزت الدرجة السادسة قوية تؤدي إلى تمايل الأشجار وترنح المصابيح الكهربائية والثريات، واضطراب في أثاث المنزل.

تكون زلازل الدرجة السابعة قوية جداً تسبب ذعراً عاماً، وتؤدي إلى تشقق جدران المباني وتهدم الأبنية ذات الأساس الضعيف.

هزات الدرجة الثامنة مخربة تؤدي إلى تصدع الجدران وسقوط المداخن وتهدم بعض الأبنية.

بينما تكون هزات الدرجة التاسعة مدمرة وتؤدي إلى إنهيار بعض البيوت في أماكن التشققات الأرضية، كما قد تتكسر أنابيب المياه وينقطع التيار الكهربائي.

تكون هزات الدرجة العاشرة عبارة عن زلازل كارثية تحدث شقوقاً عرضية في القشرة الأرضية، وتهدم الكثير من المباني، وتؤدي إلى التواء السكك الحديدية، وانزلاقات في الأراضي المرتفعة وعلى طول المنحدرات.

هزات الدرجة الحادية عشرة أيضاً زلازل كارثية، حيث يبقى عدد قليل من الأبنية دون تهدم، وتتهدم الجسور والطرقات والسكك الحديدية، وتترافق مع انهيارات وانزلاقات أرضية كثيرة.

هزات الدرجة الثانية عشرة عبارة عن زلازل شاملة النكبة وكارثة حقيقية تؤدي إلى تدمير عام، حيث تبلغ تشوهات القشرة الأرضية أبعاداً هائلة لا يسلم

منها أي بناء وتهدم جميع الجسور والطرقات والسكك الحديدية وأعمدة الهاتف والتيار الكهربائي وغيرها من المرافق.

3 ـ تأثير الهزات الأرضية:

من الملاحظ أن هزة أو اثنتين من بين مئات الهزات، التي تحدث سنوياً تثير الاهتمام أكثر من غيرها، وذلك لأنها تسبب كوارث بشرية شاملة وتشغل مساحة كبيرة، في حين تقوم باقي الهزات بإحداث أضرار محلية ضيقة النطاق، وفيما يلي سوف نذكر أهم تأثيرات الزلازل:

1 ـ اشتعال النار وإحداث الحرائق:

تعتبر النار من أكبر أخطار الهزات الأرضية، وغالباً ما تُحدث أضرارا أكبر مما تحدثه الهزة نفسها. أما مصدر النيران فمتنوع فقد يكون عبارة عن تهدم المواقد، أو تماس الأسلاك الكهربائية، أو انقلاب المصابيح، أو احتراق المواد الكيميائية سريعة الإشتعال، كالزلزال الذي حصل في مدينة طوكيو عام 1923، حيث سببت النار حوالي 95٪ من الخسائر الإجمالية للزلزال فقد احترق 71٪ من منازل طوكيو، ومات 99,123 شخص، وشوهت النيران حوالي 103,123 شخص.

2 ـ أمواج المد:

عادة ما تسبب الهزات الأرضية أمواج مد تصل إلى ارتفاعات كبيرة جداً، وذلك كما حدث في صباح 15 حزيران من عام 1896 على شاطىء المحيط الباسفيكي في اليابان شمال طوكيو، حيث انسحب البحر عن خط الشاطىء إلى عمق استثنائي أكثر من أي وقت مضى.

وفي صباح اليوم التالي وجد أن عدة أميال من سطح البحر مغطاة بالجثث وحطام الأبنية، وقد بلغ عدد الضحايا 17,122 شخص، وجرح آلاف الأشخاص، وجرفت المياه حوالي 10,617 منزلاً ودمر الكثير من المنازل جزئياً.

أما مصدر أمواج المد هذه فيعود إلى حدوث انزلاقات أرضية تحت بحرية

أدت إلى تغير في مستوى قاع البحر.

وقد تتمكن أمواج المد نتيجة حدوث زلازل تحت سطح البحر، التي تؤدي إلى حصول اندفاعات بركانية تحت بحرية حيث تنتقل الموجات الاهتزازية عبر المياه بسرعة تتراوح بين/ 300 ـ 500 ميل/ سا، وذلك حسب عمق المياه.

3 ـ تدمير المباني والمنشآت:

عادة ما تسبب الهزات الأرضية تكسير أنابيب المياه، وانقطاع أسلاك الهاتف والتيار الكهربائي، وتدمير المداخن المتوضعة على سطوح المباني، وتهديم الجسور والطرقات ذات الأساسات الضعيفة.

في حين تقاوم فعل الهزات الأرضية العنيفة بعض المباني الحديثة التصميم والمسلحة بالحديد والاسمنت تماماً كما حدث في طوكيو عام 1913، عندما دمرت الهزة الأرضية المباني القديمة المحيط ببنك متسوبيتشي وبقي البنك سالماً تماماً.

أما الأنفاق الأرضية وخطوط المترو وبقية المنشآت المبنية تحت الأرض فتكون قليلة التأثر حتى بأعنف الهزات لأنها تبدو كأنها كتلة محاطة بالصخور.

إن شدة تأثر الأبنية والمنشآت بالهزات الأرضية تتعلق بطبيعة قاعدة الأساس الأرضية، حيث تكون المباني القائمة على قاعدة صخرية متينة أكثر مقاومة لفعل الزلازل، وعلى العكس تماماً تكون المنشآت المبنية على قاعدة رخوة.

4 ـ التغيرات في مستوى سطح الأرض:

عادة ما تسبب الهزات الأرضية تغيرات في مستوى سطح الأرض، وذلك باتجاهين مختلفين إما يرتفع المستوى الأرضي نحو الأعلى أثناء الهزات، أو أنه قد ينخفض هذا المستوى نحو الأسفل، وغالباً ما يكون مقدار النهوض أو الإنخفاض قليلا نسبياً في كل هزة، ولكنه يصبح كبيراً إذا ما تكررت الهزات وخلال فترات زمنية طويلة.

5 ـ الإنزلاقات الأرضية:

غالباً ما تترافق الهزات الأرضية، التي تحدث في المناطق الجبلية ذات الإنحدار الشديد، مع حدوث انزلاقات أرضية كبيرة في منطقة نادراً ما يزيد نصف قطرها عن 20 ـ 30 ميل، علماً أن الهزة الأرضية قد تؤثر في منطقة يزيد قطرها عن 50 ميلاً. ففي الصين ضربت هزة أرضية عام 1920 منطقة تكثر فيها توضعات اللوس، فسببت أكثر مظاهر الانزلاقات الأرضية وضوحاً دفع ضريبتها حوالي مئة ألف شخص، حيث تحركت كتل ضخمة من السطح لأكثر من ميل وحملت هذه الكتل المنزلقة معها بعض الطرق والأشجار والبيوت بحالة سليمة.

6 ـ الشقوق الأرضية:

إن إحدى مخاوف الإنسان الدائمة أثناء الهزات الأرضية هي إنشقاق الأرض وابتلاع كل من عليها، وقد سجلت هذه المخاوف الإنسانية على شكل حكايات شعبية وأساطير شيقة وممتعة.

ففي الزلزال الذي ضرب مدينة لشبونة في الأول من تشرين الثاني عام 1755، أدعي أن الأرض قد انشقت على بعد 25 ميل من لشبونه وابتلعت قرى بلغ عدد سكانها حوالي عشرة آلاف شخص مع ماشيتهم وأمتعتهم، ثم عادت الأرض كما كانت سابقاً وكأن شيء لم يكن.

7 ـ الصوت:

عادة ما تترافق الهزات الأرضية مع صدور أمواج صوتية في مدى سمع أذن الإنسان على شكل أنين منخفض، أو صوت انفجارات، أو شبيهة بسقوط صخرة هائلة، أو صوت عربات ثقيلة تمر مسرعة على أرض صلبة، أو بصوت سقوط صناديق مملوءة بالأثاث من مكان مرتفع، وأحياناً تشبه صوت قصف الرعد العالي، أو صوت هدير مدفعية ثقيلة تقصف من على مسافة بعيدة.

4 ـ التوزع الجغرافي للزلازل:

يعتبر التوزع الجغرافي للزلازل ذا أهمية خاصة، وذلك لأنه يظهر مدى التوافق بين توزع السلاسل الجبلية الحديثة وبين النطاقات الزلزالية.

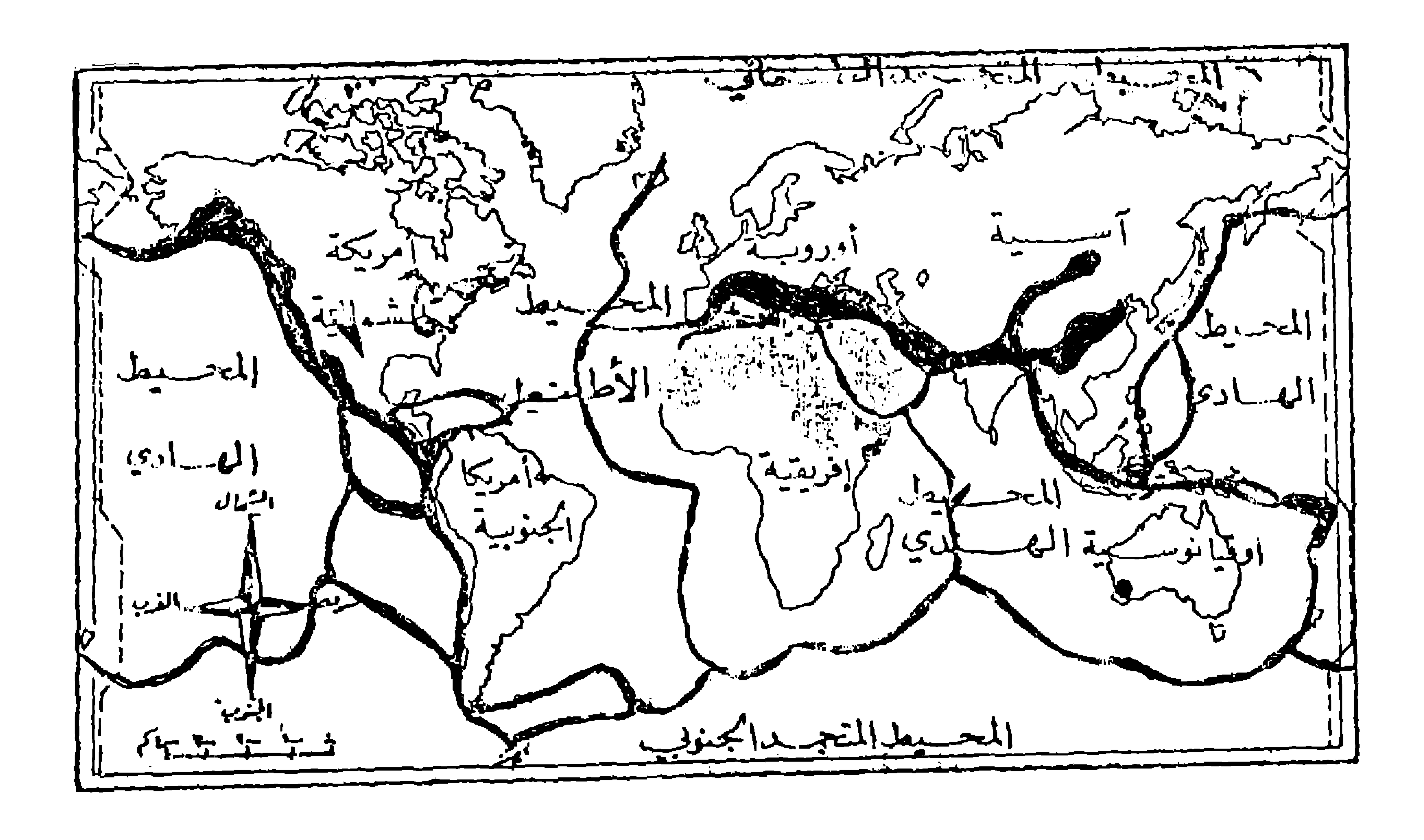
1) نطاق المحيط الهادىء: وهي مناطق تكون الهزات الأرضية فيها عنيفة جداً، وتمتد من شيلي إلى أميركا الوسطى، المكسيك، كاليفورنيا، غرب كندا، آلاسكا، جزر اليابان، الفيليبين، أندونيسيا إلى نيوزيلندا، حيث يحدث فيه أكثر من نصف زلازل العالم 60 ـ 70٪، ويسمى هذا النطاق بحلقة النار.

على الرغم من كون هذا النطاق كثير الاندفاعات البركانية، لكن من الخطأ أن نعتبر حدوث الزلازل هو نتيجة طبيعية للاندفاعات البركانية، وإنما تحدث الزلازل والبراكين في هذا النطاق وبكثرة لكونه نطاقاً ضعيفاً جيولوجياً ومخلعاً تكتونياً.

2 ـ نطاق سلسلة المحيط الأطلسي المتوسط والمحيط الهادىء تتوزع الزلازل فيه على امتداد الرف القاري، أو مع الحافات البحرية، التي تعتبر مناطق ضعف في القشرة الأرضية، وذلك لانحصارها بين أحواض محيطية عميقة مما يجعلها دائماً عرضة لعدم الإستقرار.

3 ـ نطاق عرضي يطوق الكرة الأرضية: يبدأ من أمريكا الوسطى، المحيط الأطلسي، الأوراس، ويعرف بحلقة ليبي.

4 ـ نطاق الأخاديد القارية: ويشمل الوادي الإنهدامي، الذي يقطع إفريقيا من جنوبها إلى شمالها، ويعبر البحر الأحمر ثم البحر الميت، فسورية ولبنان وجبال أورروس.



(الشكل : 13) شكل يمثل المناطق التي تكثر فيها الزلازل والبراكين (الأحزمة النارية).

4 ـ تحديد موقع محرق الهزة:

عادة ما تنتشر الموجات الاهتزازية المختلفة (La, Lr, S, P) في الصخور بسرعات مختلفة وباتجاهات متنوعة، لذلك يتم استقبالها في محطة الرصد في فترات زمنية مختلفة، ويستطيع خبراء الزلازل تحديد زمن وصول كل موجة اهتزازية بدقة تامة باستخدام السيسموغراف.

اعتمادا على وقت وصول موجات (S, P) يمكننا معرفة سرعة انتشارها في صخور القشرة الأرضية، وكذلك معرفة بعد مركز الهزة عن محطة الرصد. لقد تم جمع المعطيات عن سرعة الموجات الاهتزازية خلال عشرات السنين، لذلك حاليا أصبحت هذه السرعات معروفة بدقة تامة.

تكون سرعة الموجات الاهتزازية (S, P) مختلفة، حيث تعتمد السرعات على طبيعة الوسط، الذي تنتشر فيه هذه الموجات، وبشكل عام تتراوح سرعة موجات P ما بين (3 ـ 8 كلم/ثا، أي ما يعادل 11000 ـ 29000 كلم/سا). أما سرعة موجات S فتتراوح ما بين 2 ـ 5 كلم/ثا، أي 7000 ـ 18000 كلم/سا).

لتحديد محرق الهزة الأرضية لا بد من وجود ثلاث محطات رصد زلزالي في المنطقة قامت بتسجيل الموجات الاهتزازية، حيث تمثل كل محطة رصد بدائرة ويكون محرق الهزة عبارة عن نقطة تقاطع هذه الدوائر الثلاث.

5 ـ كيفية قياس شدة وقوة الزلازل:

1 ـ آلية حدوث الزلازل:

تحدث الزلازل عندما تزداد الضغوط المطبقة على صخور القشرة الأرضية نتيجة لحركة الصفائح التكتونية، وتشكل الشقوق والفواصل والفوالق حيث تحدث هذه الشقوق في منطقة مستوية، أو غير مستوية، وقد يكون هذا المستوى عموديا أو مائلا.

عادة ما يتراوح طول الشق، أو الفالق من عدة أمتار في حالة حدوث

الزلازل الضعيفة الشدة إلى عدة مئات من الكيلومترات في حالة حدوث الزلازل العنيفة. وقد يصل هذا الشق إلى سطح الأرض ويكون ظاهراً للعيان، وقد يبقى مطمورا في الأعماق وغير ظاهر. وبشكل عام تزداد شدة الهزة الأرضية مع ازدياد طول الفالق.

تتولد الهزات الأرضية في أعماق الأرض وفي نقطة مركزية تسمى مركز الهزة، أو المحرق، حيث يقع محرق الهزة على أعماق مختلفة، أما النقطة المقابلة للمحرق والتي تقع على سطح الأرض وفوق المحرق مباشرة فتسمى مركز الهزة السطحي وتسمى المسافة الفاصلة بين المحرق ومركز الهزة السطحي بعمق المحرّق، حيث يتراوح عمق المحرق ما بين عدة كيلومترات وحتى عدة مئات من الكيلومترات.

كما يتراوح المحرق في الزلازل قليلة العمق ما بين (5 ـ 40 كلم)، كما في الزلازل، التي تحدث على طول فالق سان ـ اندريس. أما الزلازل، التي تحدث على طول ساحل أمريكا الجنوبية، وفي مناطق الأحزمة المتحركة، وعلى طول نطاق بينوف فيصل عمق المحرق إلى (500 كلم)، وتسمى زلازل عميقة المحرق.

أما قيمة الانتقال الجانبي والأفقي للكتل الصخرية، الواقعة على طرفي الفالق أو الشق فتعتمد على قوة وشدة الزلازل، حيث لا تتجاوز عدة سنتيمترات في حالة حدوث الزلازل الضعيفة الشدة، بينما في زلزال سان ـ فرانسيسكو، الذي حدث في عام 1906، فقد بلغت قيمة الانتقال حوالي ستة أمتار بالقرب من المركز السطحي للهزة، الذي يقع بالقرب من منطقة مارين إلى الشمال من سان ـ فرانسيسكو.

وفي زلزال سان ـ فرناندو في ولاية كاليفورنيا الأمريكية، الذي حدث في عام 1971م فقد بلغت قيمة الانتقال العمودي حوالي متر واحد، وقد تشكل منخفض أو خندق بعمق متر واحد في الطرف المقابل.

أما في زلزال فيرفيو ـ بارك في ولاية نيفادا الأمريكية، الذي حدث في عام

1954م فقد تشكل خندق بعمق ثلاثة أمتار. وفي الزلزال، الذي ضرب الجزائر في العام 1980، بلغت قيمة الانتقال العمودي للكتل الصخرية على طول خط الفالق حوالي أربعة أمتار.

عادة ما تنطلق كمية كبيرة من الطاقة الكامنة في الصخور الواقعة على طرفي الفالق، أو الشق، وذلك أثناء حدوث الزلزال، حيث يصرف الجزء الأكبر من هذه الطاقة على عملية الانتقال الأفقي والجانبي للكتل الصخرية، وعلى عملية تكسير الصخور، وكذلك لانتاج الطاقة الحرارية، في حين ينتشر جزء بسيط من الطاقة المرافقة للزلازل في كافة الاتجاهات على شكل موجات اهتزازية تتوزع في داخل صخور القشرة الأرضية، وعندما تصل هذه الموجات إلى سطح الأرض تثير اهتزازات في القشرة الأرضية، وخاصة الجزء السطحي من القشرة، وهي ما تعرف بالهزات الأرضية أو الزلازل. وجدير بالذكر أن هذه الموجات الاهتزازية تخرج من محرق الهزة وتتوزع في مختلف الاتجاهات، وقد تنعكس وقد تقوم بتغيير اتجاهها، لذلك تصل إلى سطح الأرض خلال فترات زمنية متفاوتة وباتجاهات مختلفة.

2 ـ السيسموغراف أو مقياس الزلازل:

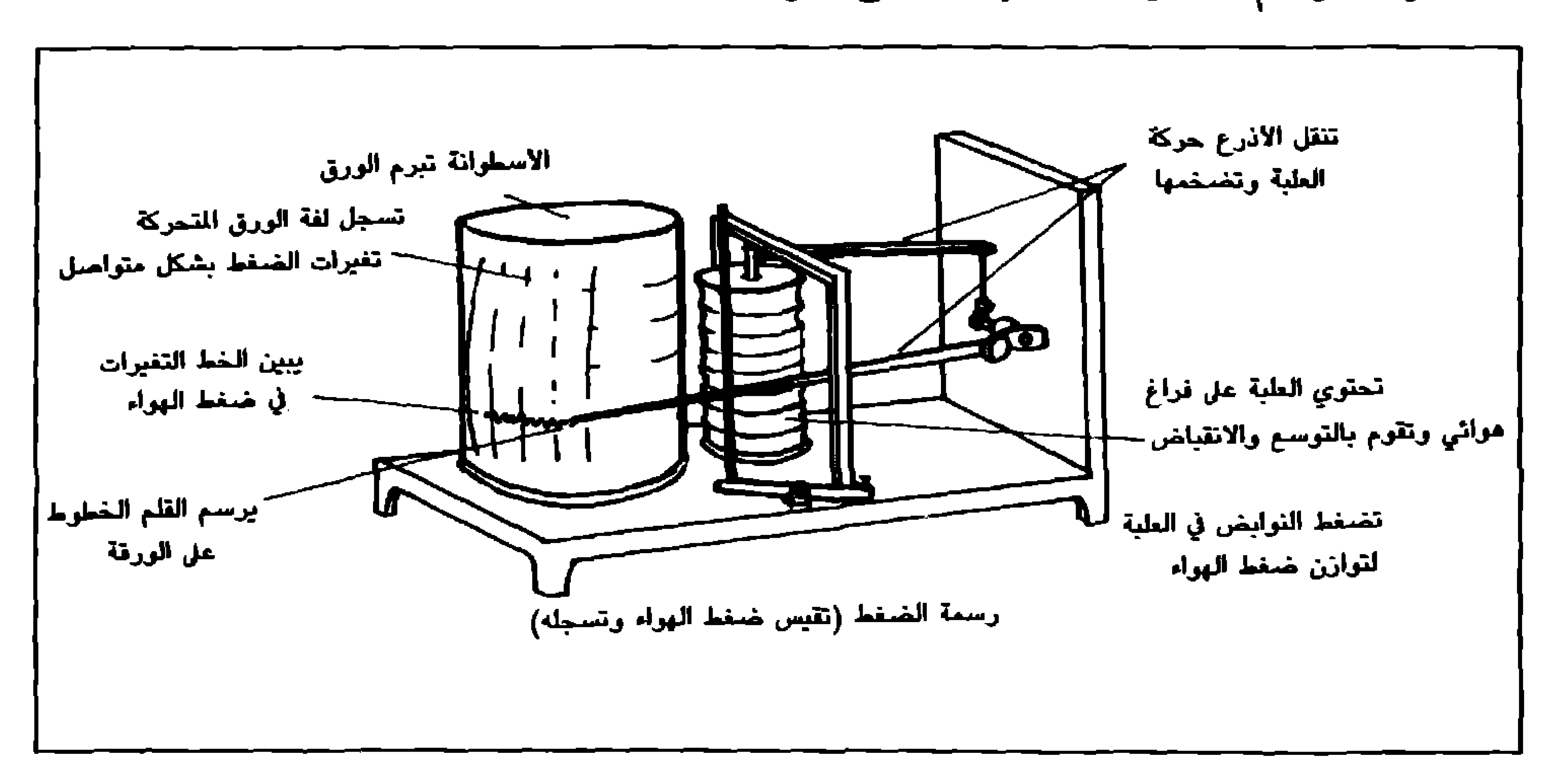
السيسموغراف هو جهاز يستخدم لتسجيل الموجات الاهتزازية المختلفة، التي تصدر نتيجة لحدوث الزلازل وتعطي فكرة كافية عن طبيعة الزلزال، وشدته وعمق محرق الهزة وبعد المركز السطحي عن محطة التسجيل. وكذلك يقوم السيسموغراف بتعيين زمن حدوث الزلازل، ومدتها وزمن انتهائها.

والسيسموغراف عبارة عن نواس ذي عزم عطالة كبير جدا مؤلف من كتلة معدنية معلقة بشكل يجعلها ثابتة عندما تتحرك القشرة الأرضية بفعل الزلازل.

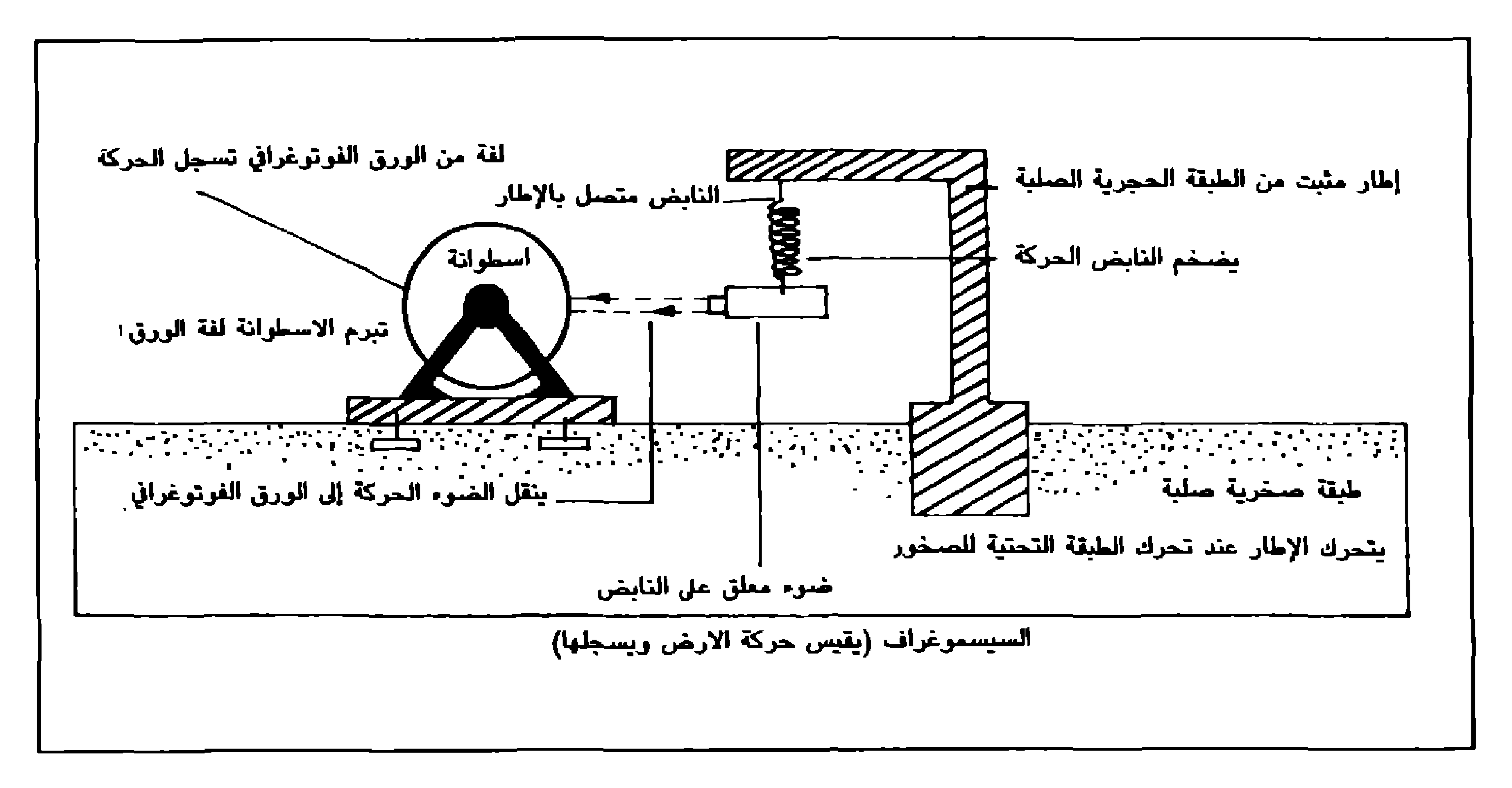
عادة ما تتألف المحطات السيسموغرافية من ثلاث وحدات سيسموغرافية، اثنتان منها افقية موجهة باتجاه شمال ـ جنوب، وشرق ـ غرب، وذلك لتسجيل كافة الحركات والاهتزازات الافقية، والثالثة شاقولية لتسجل الاهتزازات العمودية.

عادة ما تتألف الوحدة الأفقية من كتلة معدنية مثبتة ومشدودة بسلك معدني إلى عمود قائم تم تثبيته في قاعدة اسمنتية مثبتة بشكل جيد بالأرض. وتحمل هذه الكتلة المعدنية في أجهزة السيسموغراف القديمة ذراعا ينتهي بابرة تسجيل تحتك بشكل خفيف مع لوحة التسجيل المثبتة على أسطوانة تدور حول محور ثابت بسرعة محددة.

أما في أجهزة السيسموغراف الحديثة فتتصل الكتلة المعدنية بذراع يحمل مرآة صغيرة تعكس حزمة ضوئية تسقط هذه الحزمة الضوئية على ورقة تصوير ملفوفة على اسطوانة ثبتت على القاعدة الاسمنتية المثبتة بدورها بالأرض، وعندما تتحرك القشرة الأرضية، أثناء حدوث الزلازل ترسم الحزمة الضوئية على ورقة التصوير خطوطاً متعرجة، بينما عندما تكون القشرة الأرضية في حالة ثبات واستقرار ترسم الحزمة الضوئية على الورقة خطا مستقيماً.



(الشكل: 14) السيسموغراف القديم، ذو الإبرة المتحركة.



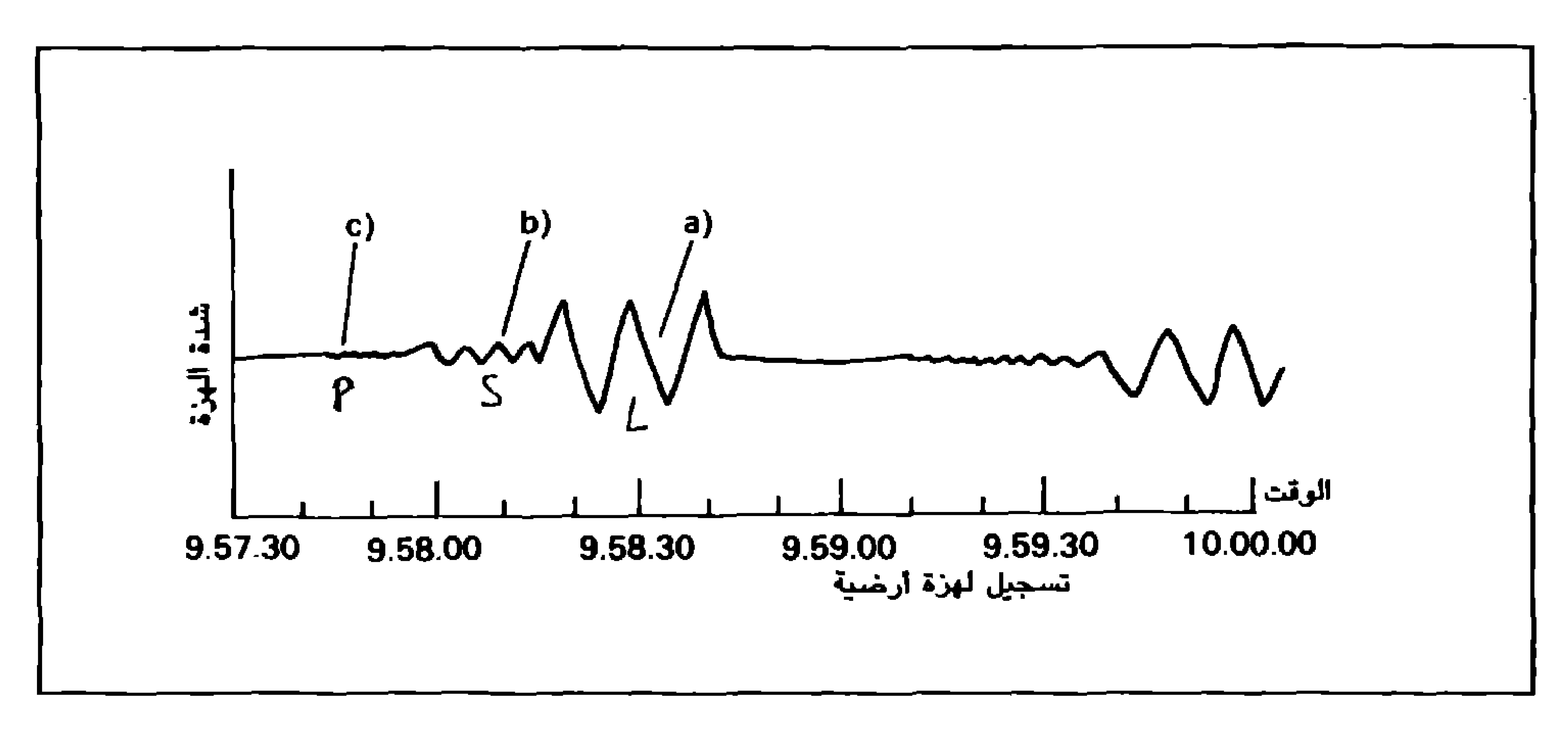
(الشكل 15): مقياس الزلازل، السيسموغراف الحديث، ذو الحزمة الضوئية.

3) الموجات الاهتزازية:

يعطينا السيسموغراف معلومات هامة عن سرعة انتشار الموجات الاهتزازية المختلفة، كما ويبين العلاقة بين سرعة هذه الموجات وطبيعة الصخور، التي تخترقها هذه الموجات الاهتزازية. وهنا يمكننا أن نميز بين ثلاثة أنواع رئيسية من الموجات الاهتزازية، التي تنشأ عن الزلازل:

أ ـ الموجات الاهتزازية الأولية أو التضاغطية:

تتميز الموجات الأولية بكون الجزيئات تتحرك إلى الأمام وإلى الخلف وهي تشبه الموجات الصوتية، وتسير الموجات الأولية بسرعة تتراوح ما بين (5,5 و 13,8 كلم/ثا).



(الشكل 16): يمثل الأنواع المختلفة للموجات الاهتزازية: الموجات السطحية، الموجات الثانوية، الموجات الأولية.

ب ـ الموجات الثانوية أو المستعرضة:

تتميز عن الموجات الأولية بكونها أبطأ منها، وبكون حركة الجزيئات تكون باتجاه عمودي على مستوى انتشار الموجة. تسير الموجات الثانوية بسرعة تتراوح ما بين (3,3 و 7,3 كلم/ثا)، وتنتشر هذه الموجات في اتجاه خارج من محرق الهزة.

ج ـ الموجات السطحية:

عادة ما تخرج الموجات السطحية من المركز السطحي للهزة وتنتشر على سطح الأرض بسرعة تتراوح ما بين (4 ـ 4,4 كلم/ثا)، وتصل إلى محطات الرصد في وقت متأخر بعد الموجات الأولية والثانوية.

الفصل الخامس

أسباب حدوث الزلازل

لقد كان الناس دائماً يخافون الزلازل والحركات الأرضية، وقد حاولت الحضارات المتعاقبة تفسير سبب حدوث الزلازل، وغالباً كانوا يعتبروها أفعال ناجمة عن القوى الطبيعية الخفية. وذكرت الخرافات اليابانية القديمة أن اهتزاز الجزر اليابانية ناجم عن حركة القرموط الضخم، الذي يحمل هذه الجزر على ظهره.

أما الهنود الحمر فكانوا يعتبرون الأرض محمولة على ظهر سلحفاة كبيرة، حيث تظهر الزلازل عندما تتحرك هذه السلحفاة. وفي بعض دول آسيا اعتبروا أن الأرض محمولة على ظهر ضفدع كبير، أما في الهند فقد اعتبروا ان الأرض محمولة على ظهر خلد عملاق، في حين اعتبر قدماء العرب أن الأرض محمولة على قرون ثور ضخم، حيث تحدث الزلازل عندما ينقل الثور الأرض من قرن إلى قرن لكي يستريح.

1 ـ التفسيرات الأولية لمنشأ الزلازل:

في المحاولات الجادة الأولى للبحث عن منشأ الزلازل، اتجهت أنظار الباحثين إلى باطن الأرض، حيث افترضوا أن الأعاصير الجوية والزوابع تندس في الأرض، حيث توجد الفراغات والكهوف والمغاور، فتقوم هذه الأعاصير بزيادة اشتعال النيران الداخلية الموجودة في باطن الأرض، وعندما تحاول الهروب إلى الأعلى تسبب الزلازل، أو حتى الاندفاعات البركانية.

كما اعتبر الكثير من القدماء أن الزلازل تحدث كنوع من انتقام الرب من

البشر، وذلك لأنهم يقترفون الكثير من المعاصي والخطايا. وقد ورد في الخرافات الإغريقية القديمة: أن الزلازل تنتج لغضب الإله (باسيدون) إله البحار عند الإغريق، أو نتيجة لغضب (نبتون) إله البحار عند الرومان.

أما في أوروبا وفي القرن الثامن عشر، فقد حاول رجال الدين إعطاء الزلازل تفسيراً أخلاقياً، حيث اعتبروا أن الزلازل تحدث في المدن الكبيرة، وذلك لتحذير الناس وإعادتهم إلى الطريق الصحيح والقضاء على الفساد.

2 ـ صفائح الليثوسفير والزلازل:

لقد تم إجراء الكثير من الدراسات الجيولوجية، التي سمحت لنا بالحصول على معلومات دقيقة جداً حول بنية الأرض، وأسباب حدوث الزلازل. وقد أعطتنا هذه الدراسات معلومات هامة عن طبيعة الليثوسفير، التي تعتبر طبقة رقيقة جداً، ذات سماكة (7 كلم) في المحيطات و (150) كلم في القارات، كما أنها تقسم إلى عدد من الصفائح أو البلاطات.

وتنتج الزلازل عن حركة هذه الصفائح، التي تحصل تحت تأثير القوى الداخلية، ولا تزيد حركة هذه الصفائح عن عدة سنتمترات سنوياً. أما منشأ هذه القوى، التي تؤدي إلى تحرك الصفائح الصخرية، أو البلاطات فيعود إلى عدة عوامل نذكر منها:

1) الحركة البطيئة للمواد المنصهرة من النواة الأرضية.

2) نتيجة قدوم مغما مصهورة من النواة، أو المعطف العلوي إلى القشرة الأرضية وتشكل البراكين.

3) نتيجة انغماس إحدى الصفائح تحت صفيحة أخرى (مناطق الأحزمة المتحركة).

4) نتيجة تصادم أطراف الصفائح المتجاورة.

5) نتيجة بناء السدود المائية الضخمة.

6) نتيجة قوى الضغط المطبقة على داخل القارات.

ولا بد من الإشارة هنا إلى أن حوالي (95٪) من الزلازل تحدث في أطراف الصفائح الصخرية الصلبة. وتسمى الزلازل، التي تحدث نتيجة حركة الصفائح الصخرية، بالزلازل التكتونية. تحدث الزلازل في أطراف الصفائح وفي داخل الصفائح أيضاً، كما وتحدث الزلازل نتيجة الاندفاعات البركانية كما هي الحال في جزر هاواي البركانية.

عادة ما يحصل (90٪) من الزلازل العالمية في المحيط الهادىء وضمن الحزام الناري للمحيط الهادىء، في حين تحدث (5 ـ 6٪) من الزلازل العالمية في حزام الألب الناري، والذي يمتد من البحر الأبيض المتوسط باتجاه الشرق مخترقاً تركيا، إيران، وسط الهند. أما ما تبقى من الزلازل وهو (4 ـ 5٪) فتحدث على طول الأعراف المحيطية المتوسطة، أو في داخل الصفائح الصخرية.

3 ـ بنية الأرض: Structure of the Earth

تتألف الأرض من أربعة كرات تغلف بعضها البعض، وهي من الخارج إلى الداخل: 1) القشرة الأرضية؛ 2) المعطف العلوي؛ 3) المعطف السفلي؛ 4) النواة الخارجية والداخلية. (الشكل 17).

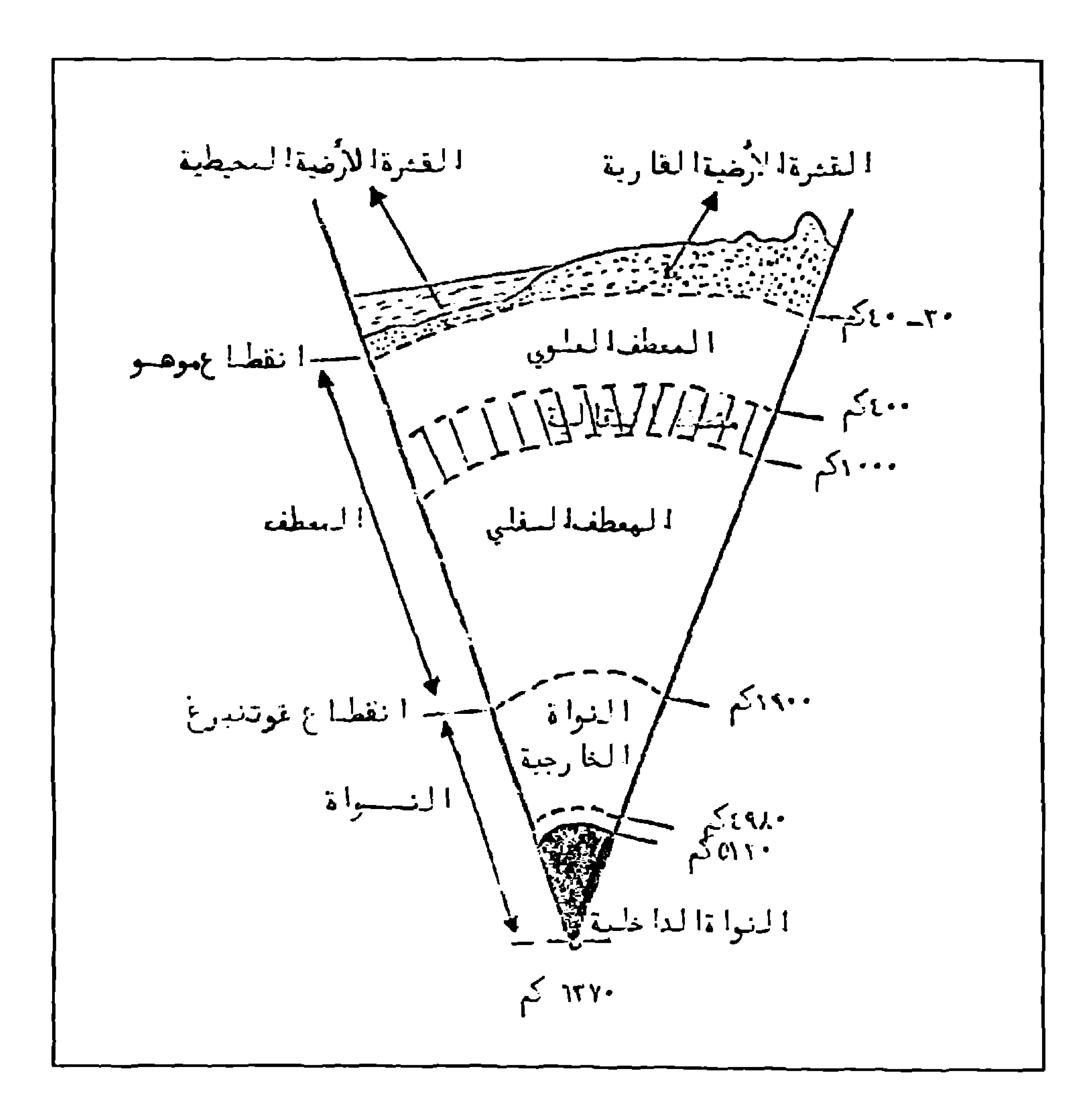
1) الغلاف الصخري أو القشرة الأرضية: Crust و Litho Sphere

تتألف القشرة الأرضية من صخور خفيفة تبلغ كثافتها حوالي (2,7)، ويبلغ متوسط سماكتها حوالي (60 كلم). ونميز في القشرة الأرضية ثلاث طبقات: طبقة الصخور الرسوبية، والحطامية المختلفة، طبقة الصخور الغرانيتية مع الصخور الاستحالية، أما الطبقة السفلية من القشرة الأرضية فمؤلفة من الصخور البازلتية (الشكل 18).

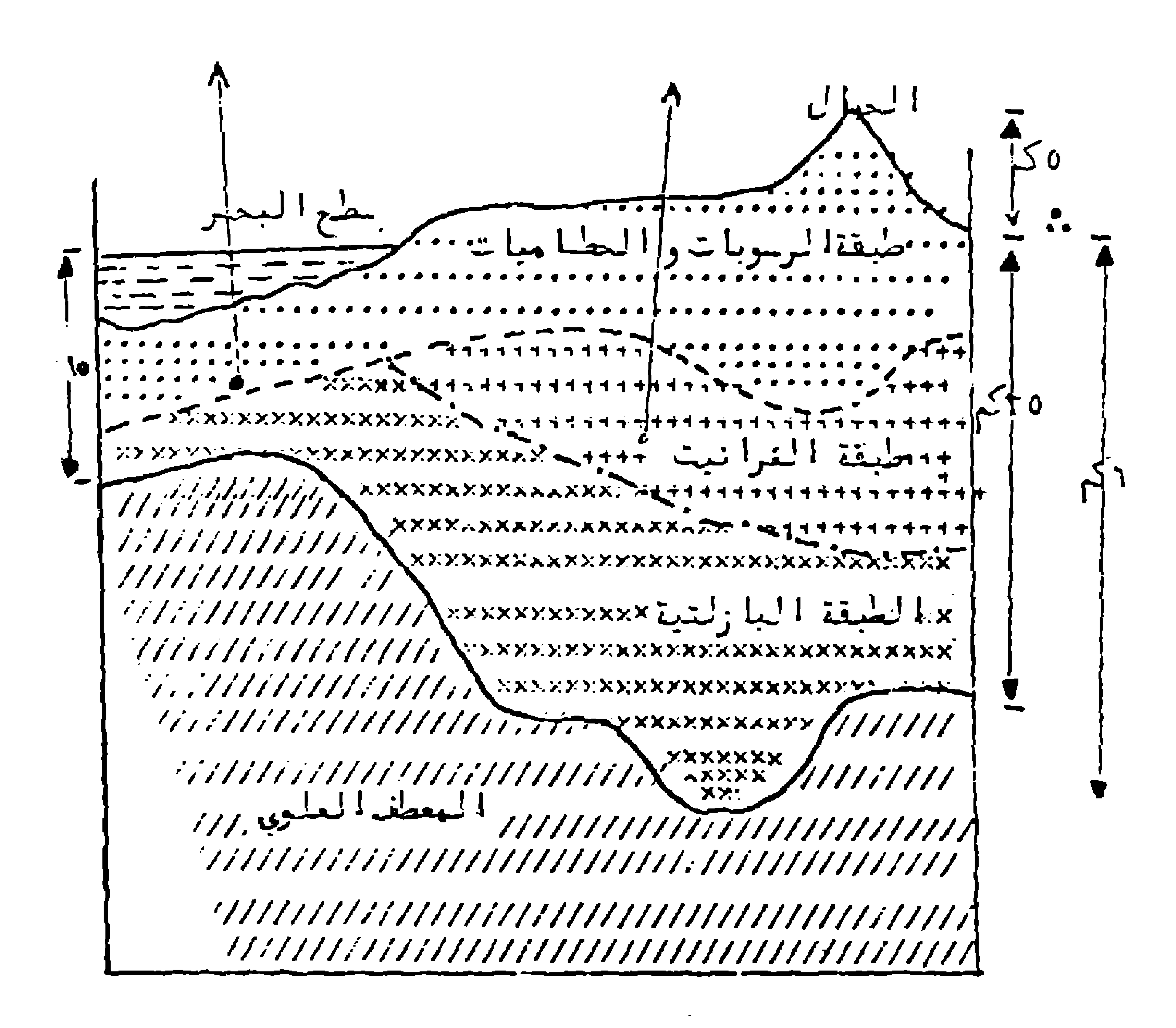
تختلف سماكة القشرة الأرضية القارية عن سماكة القشرة الأرضية المحيطية، حيث تتراوح سماكة القشرة في مناطق السلاسل الجبلية (70 ـ 90 كلم)، وفي القارات (30 ـ 40 كلم)، أما في المحيطات فتبلغ (5 ـ 10 كلم).

2) المعطف الأرضي: The Mantle

يتوضع المعطف الأرضي تحت القشرة الأرضية مباشرة ويمتد حتى عمق يصل إلى (2900 كلم)، ويتكون من صخور أساسية وفوق أساسية، يبلغ متوسط كثافتها (3,2 ـ 6). ومن حيث التركيب الصخري يعتقد العلماء أنه مؤلف من صخور البيريدوتيت، أو الايكلوجيت.



(الشكل 17): شكل تخطيطي يمثل البنية الداخلية للكرة الأرضية وذلك حسب معطيات (بولين، غوتنبرغ).



(الشكل 18): الأقسام الرئيسية للقشرة الأرضية، وذلك حسب معطيات (كاولا، 1971).

يقسم المعطف الأرضي إلى قسمين أساسيين تفصل بينهما منطقة انتقالية: المعطف العلوي ويمتد من عمق (40 كلم) وحتى (400 كلم)، والمعطف السفلي ويمتد من عمق (1000 كلم) إلى (2900 كلم). (الشكل 17).

يفصل انقطاع موهو بين القشرة الأرضية والمعطف العلوي، أما انقطاع غوتنبرغ فيفصل المعطف السفلي عن النواة الخارجية للأرض.

3) النواة المركزية للأرض: The Core

تقسم النواة الأرضية إلى قسمين: النواة الخارجية (Outer Core) وتمتد من عمق (2900 كلم) وحتى عمق (4980 كلم)، ويعتقد العلماء أنها تتألف من أجسام

صخرية سائلة.

والنواة الداخلية (Inner Core)، وتمتد من عمق (5120 كلم) وحتى عمق (6370 كلم)، أي إلى مركز الأرض. ويعتقد غالبية العلماء أن النواة الداخلية للأرض تقع في حالة صلبة.

أما من حيث التركيب الكيميائي للنواة، فيعتقد أن النواة تتألف بشكل أساسي من الحديد والنيكل، وتشبه من حيث تركيبها النيازك الحديدية، في حين يشبه المعطف من حيث تركيبه النيازك الحجرية المسماة (خوندريت).

4 ـ مناطق الأحزمة المتحركة:

وهي المناطق، التي تنشأ على أطراف الصفائح الصخرية الصلبة نتيجة اصطدام هذه الصفائح ببعضها، حيث تضطر الصفيحة الصخرية الطرية الانغماس تحت الصفيحة الصلبة، وذلك كما يحدث عادة على طول ساحل أمريكا الجنوبية، حيث تصطدم صفيحة (ناسكا) مع صفيحة أمريكا الجنوبية وجهاً لوجه، وبما أن صفيحة ناسكا أصغر حجماً وأقل قساوة تنغمس تحت صفيحة أمريكا الجنوبية.

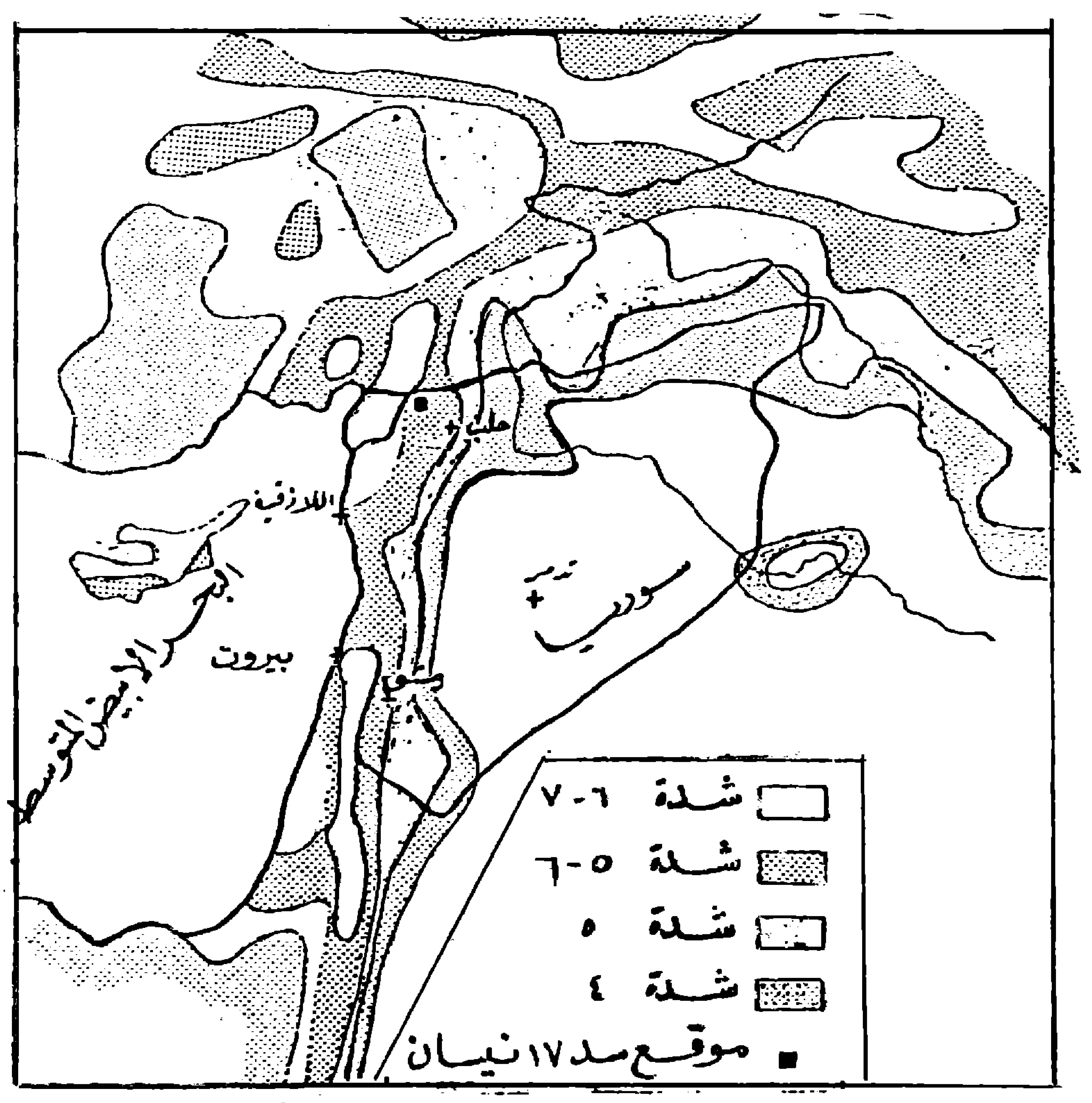
بما أنه في مناطق الأعراف المحيطية المتوسطة تتشكل قشرة جديدة من المعطف العلوي، تضطر القشرة القديمة إلى الغوص في المعطف العلوي وبالتالي تتشكل مناطق الأحزمة المتحركة.

يمكننا القول بأن الأرض كاملة تمر في هذه الدورة. عادة ما تتوزع الأحزمة المتحركة بشكل أساسي على طول جزر اليابان، غرب المحيط الهادىء، جزر الفيليبين، أندونيسيا، سفوح جبال الهيمالايا، زيلاندا الجديدة، سواحل أمريكا الجنوبية، أمريكا الوسطى، والخليج العربي.

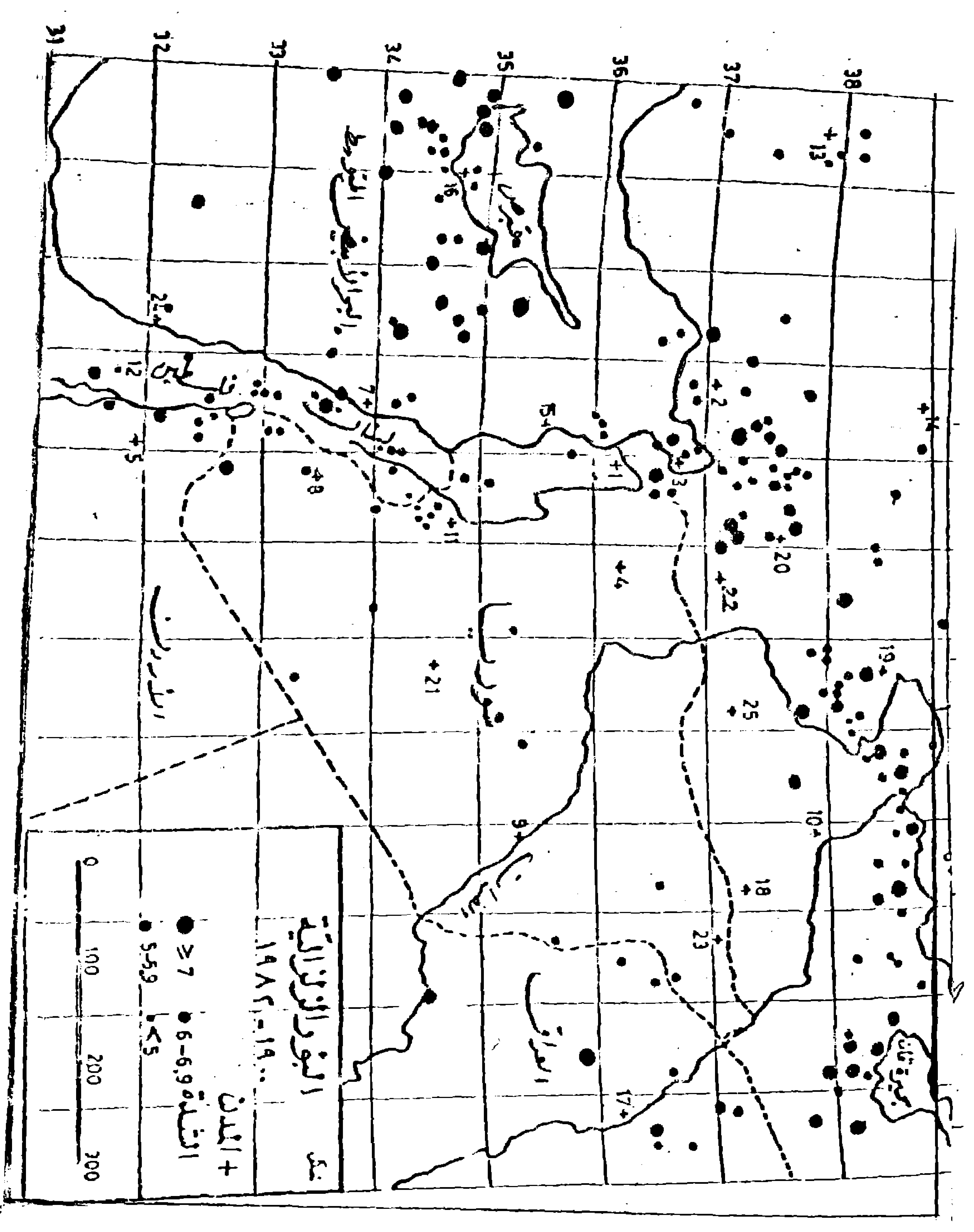
عندما تتقدم صفيحة باتجاه صفيحة أخرى، وفي منطقة التماس المسماة (منطقة بينوف)، تحدث الزلازل على طول خط التماس، كما تحدث الزلازل على أعماق كبيرة جداً، حيث تصل إلى (700 كلم) في داخل القارات، وذلك لأن الصفائح المحيطية الرقيقة عادة ما تنغمس تحت الصفائح القارية السميكة كما

هو الحال على طول شاطىء أمريكا الجنوبية.

كما ويمكن أن ينتج عن الأحزمة المتحركة مجموعة من الأحواض المحيطية العميقة، حيث يصل العمق الأعظمي لحوض (البيرو ـ تشيلي 8063م)، ويمتد لمسافة (100 كلم) من الشاطىء. ونذكر أيضاً من الأحواض الناتجة عن الأحزمة المتحركة: حوض (الو تكسي)، حوض اليابان، يافان، حوض أمريكا الوسطى وتعتبر منطقة شيلينجر أعمق منطقة محيطية، حوض ماريانا، حيث يتراوح عمقه من (10915م) إلى (11022م).



(الشكل 19) ـ المناطق الزلزالية في الشرق الأوسط



(الشكل : 20) ـ البؤر الزلزالية



(الشكل : 21) ـ شكل تخطيطي لعلاقة الانهدام الأناضولي الشمالي بانهدام البحر الميت

(الشكل : 21) ـ الهزات التاريخية خلال الفترة 10 و1000 ميلادية

عادة ما تظهر سلسلة من البراكين النشطة على طول هذه الأحزمة المتحركة، وذلك لأنه أثناء انغماس إحدى الصفائح تحت الأخرى، تحاول الصفيحة السفلى رفع الصفيحة العلوية وإزاحتها نحو الأعلى، مما يؤدي إلى ظهور مجموعة من البراكين النشطة على طول خط التماس بين الصفيحتين، كما وتظهر البراكين أحياناً في داخل القارات، وأحياناً أخرى قد تشكل البراكين مجموعة من الجزر البركانية.

ومن الجدير بالذكر أن جبال الهيمالايا قد تشكلت في منطقة الأحزمة المتحركة، حيث تصطدم الصفيحة الهندية ـ الاسترالية مع صفيحة أوروبا ـ آسيا.

في كثير من مناطق العالم لا تصطدم الصفائح التكتونية وجهاً لوجه، بل تنغمس إحداها تحت الأخرى، مشكلة مناطق تماس ما بين الصفائح، حيث يكثر فيها الزلازل. ويعتبر انهدام (سان ـأندريس) مثالاً نموذجياً لهذه الحركة، حيث تصل سرعة انغماس الصفيحة السفلية حوالي (5 ـ 8 سم/عام).

وعندما تتسع المسافة بين طرفي الفالق أو الشق، وتصل إلى مئات من الكيلومترات، تحدث هزات أرضية عنيفة، وذلك كما حدث في عام 1906 في (سان ـ فرانسيسكو)، وفي عام 1857 (فروتخون)، حيث يبلغ طول الفالق حوالي (400 كلم)، عادة ما تحدث الزلازل في هذه المنطقة على أعماق قليلة لا تتجاوز (5 ـ 40 كلم)، تحت سطح الأرض.

ومن وقت لآخر تحدث الزلازل في داخل الصفائح التكتونية، وليس على أطرافها كالعادة وتسمى زلازل داخل الصفائح، وقد يكمن سبب تشكلها في ازدياد قوة التشوه في داخل الصفيحة، مما يؤدي إلى ازدياد الضغط المطبق على أطراف الصفائح.

وعلى سبيل المثال تتعرض منطقة الصين للضغط من اتجاهين: الأول من الشرق (صفيحة المحيط الهادىء)، ومن الجنوب (صفيحة الهند ـ استراليا)، وبالتالي تعتبر هذه الضغوط هي المسؤولة عن الزلازل التي تحدث في الصين، مثل زلزال (تانشان) عام 1976م، الذي أودى بحياة الكثير من الناس. كما وينتسب إلى الزلازل التي تحدث داخل الصفائح، زلزال (نيو مدريد) عام 1811، 1812

في امريكا، وزلزال (شارلستون) عام 1886 في مقاطعة كارولينا الجنوبية.

يمتد أرخبيل جزر هاواي على شكل سلسلة جزر بطول (3000 كلم)، وقد تشكلت هذه الجزر البركانية نتيجة حركة الصفائح التكتونية، التي تبلغ (10 سم/عام)، حيث ترتبط الزلازل في هذه المنطقة مع الاندفاعات البركانية.

يعتبر زلزال (غواتيمالا) عام 1976 مثلاً نموذجياً للزلازل الناتجة عن حركة الصفائح، حيث تقع غواتيمالا على الحد الفاصل بين صفيحة أمريكا الوسطى، وصفيحة الكاريبي، ويمتد فالق (ماتاقوا) لمسافة (300 كلم) على طول هذا الحد الفاصل.

وفي عام 1976 عندما تحركت هذه الصفائح نتج زلزال مدمر أودى بحياة (23000 شخص) وخلف وراثه (77000 جريح). ومن الجدير بالذكر أن فالق ماتاغوا يعتبر منذ زمن طويل مصدراً للزلازل المدمرة التي تصيب المنطقة ويبلغ مقدار حركة الصفائح (2م كل 100 عام)، بينما أثناء زلزال عام 1976م وصلت الإزاحة إلى (1,3م خلال 30 ثانية).

5 ـ زلازل الأعماق وزلازل القشرة:

نميز حسب عمق مركز الزلزال عن سطح الأرض بين نوعين من الزلازل: زلازل الأعماق، وزلازل القشرة.

1) ـ زلازل الأعماق:

في الزلازل العميقة كما في الزلازل الضحلة العمق تكون الموجات (S) أقوى من الموجات (p)، مما يشير إلى انزلاق أكثر مما هو انفجار داخلي في المصدر.

فالزلزال العميق يمكن أن يحصل حينما يبدأ الصخر المتشوه تحت تأثير إجهادات القص في إحداث تسخين احتكاكي بشكل أسرع من استطاعة الصخور المحيطة به على نقله، وهكذا يُلين التسخين الصخر بل ويصهر بعضاً منه مُسْرعاً

عملية التشوه، وعملية التغذية الراجعة، وهذه يمكنها أن تسبب ازدياداً انفجارياً في معدل كل من الحرارة والانزلاق وتحدث الزلازل.

ويمكن أن يزداد الانزلاق في مناطق الزلازل العميقة لتأثير السوائل الحبيسة فقد بينت الأعمال المخبرية أنه تحت ضغط مكافىء لضغوط الأعماق الضحلة، يمكن للسوائل الحبيسة في مسامات الصخور أن تعكس القوى الكامنة المقاومة للتصدع بحيث تجعله ينهار تحت قيم إجهادات قص أقل من السابق.

2) ـ زلازل القشرة:

تتشكل زلازل القشرة المستقرة نتيجة للإجهادات الانضغاطية، التي تنشأ في أطراف الصفائح التكتونية، وتكون قوى الضغط داخل القارات ثابتة في اتجاهاتها عبر مساحات واسعة.

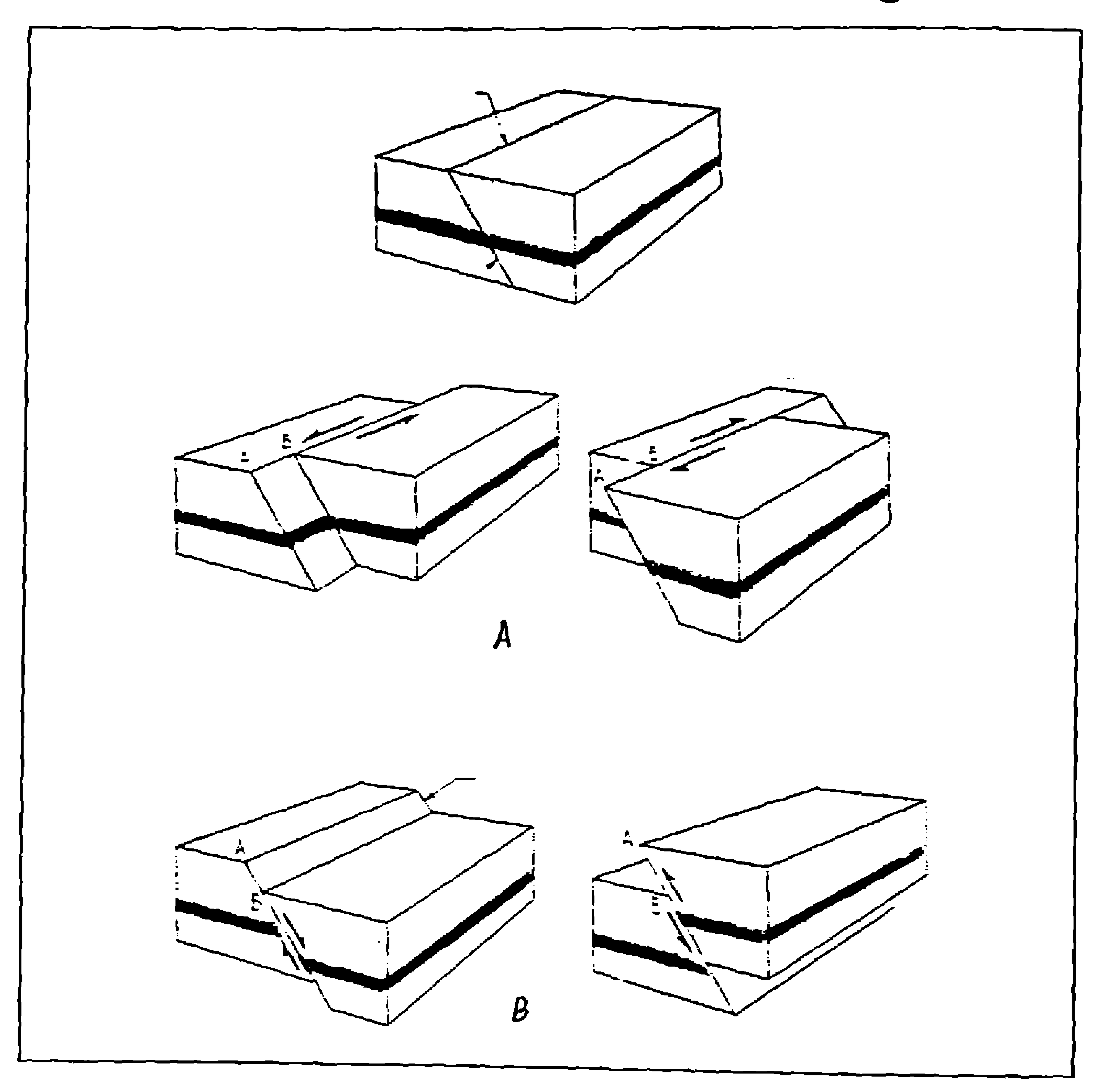
ويبدو أن الزلازل تتطلب وجود منطقة مخلعة تكتونية، بحيث تستطيع الإجهادات أن تتحرر من تلك المنطقة، والقشرة التي تتخللها فوالق قديمة كحزام جبلي قديم أو انهدام غير تام، يمكن أن تكون مهيئة لذلك. إن الإجهادات المنتشرة ضمن قارة ما يمكن أن تنشط الفوالق القديمة وتسبب انزلاق الكتل وتوليد الزلازل، وهكذا فالمناطق، التي عانت من عملية شدّ في وقت مضى (الهوامش السلبية للقارات، الانهدامات غير التامة) سوف تتعرض لزلازل أكثر من مناطق الدروع القديمة.

ونستنتج من دراسة زلازل القشرة أن الزلازل القوية لا تحدث بشكل عشوائي بل تتركز في الانهدامات غير التامة، أو في الهوامش القارية السلبية. ومن الصعب التنبؤ بزلازل القارات المستقرة، ناهيك عن توقعها، فالفوالق العميقة المطمورة، التي تسبب الزلازل لا يمكن تحديد معظمها على السطح، ولا تتكرر عادة.

6 ـ أنواع حركة الصفائح على طول الفوالق:

عند دراسة حركة الصفائح على طول الفوالق تبين وجود عدة أنواع من الحركات نذكر منها الحركات الأفقية، حيث تتحرك الصفائح في مستوى أفقي

وباتجاهين مختلفين ويكون مقدار الإزاحة عبارة عن المسافة (AB) ومثال هذه الحركات ما حدث في زلزال غواتيمالا عام 1976. أما في الحركات العمودية تتحرك الصفائح نحو الأعلى أو نحو الأسفل (الشكل: 23)



(الشكل: 23) ـ نموذج الحركة على طول الشقوق والفوالق.

A ـ الحركة في مستوى أفقي، نحو اليمين واليسار.

B ـ الحركة العمودية، نحو الأعلى ونحو الأسفل.

7 ـ السدود المائية والزلازل:

في كثير من مناطق العالم قد تسبب السدود المائية بعض الزلازل المحلية

ويعتبر المثال النموذجي على هذه الزلازل مجموعة الزلازل التي حدثت عندما تم بناء سد (غوفر) على نهر كالورادو، وبعد امتلاء خزان (ليك ـ ميد)، وفي عام 1936م تم تسجيل مجموعة من الزلازل في هذه المنطقة في حين سجل، أقواها في عام 1939، وبلغت شدته (5 درجات)، وبعد ذلك وفي عام 1941 استمرت الهزات الأرضية الخفيفة والمتوسطة الشدة.

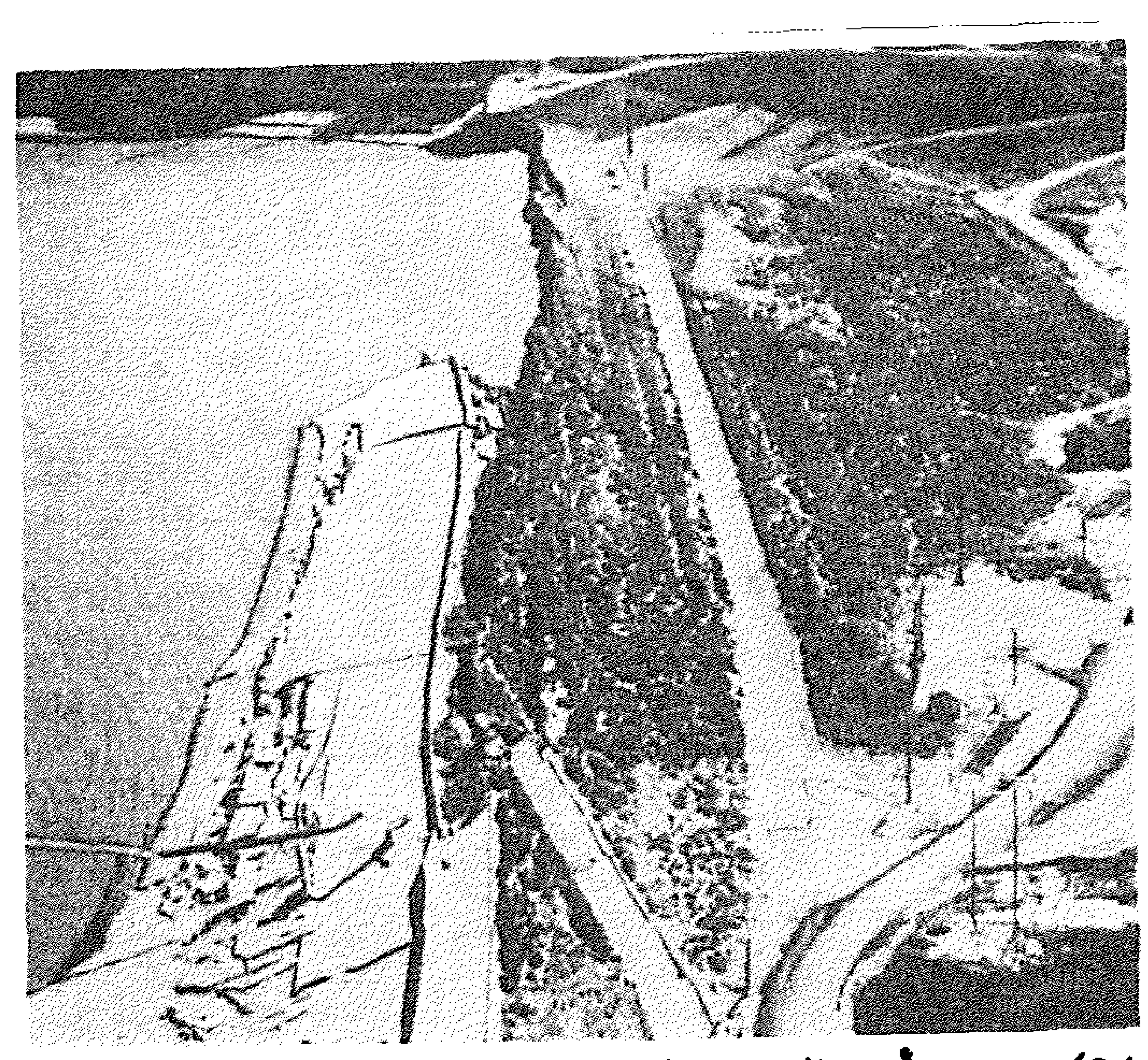
أما أكثر الزلازل شهرة، التي نتجت عن السدود المائية، وذلك الزلزال الذي حدث في (بومبي) في الهند بالقرب من سد (كوينا) في عام 1967م، حيث بلغت قوته (6,4 درجة)، وتوفي نتيجته (177 شخص) وجرح (2300 شخص).

ومن الجدير بالذكر أن مثل هذه الزلازل حدثت في كل من الصين في سد (سيانفين)، وفي فرنسا سد (مونتانير)، وفي قبرص سد (كريماساتا)، وفي كاليفورنيا سد (أورافيل)، في مصر (السد العالي)، وفي مناطق أخرى من العالم. وعادة ما تكون هذه الزلازل ضعيفة وأحياناً محسوسة وتتراوح شدتها من (5 درجات) إلى (6 درجات) ونادراً ما تزيد عن (6 درجات).

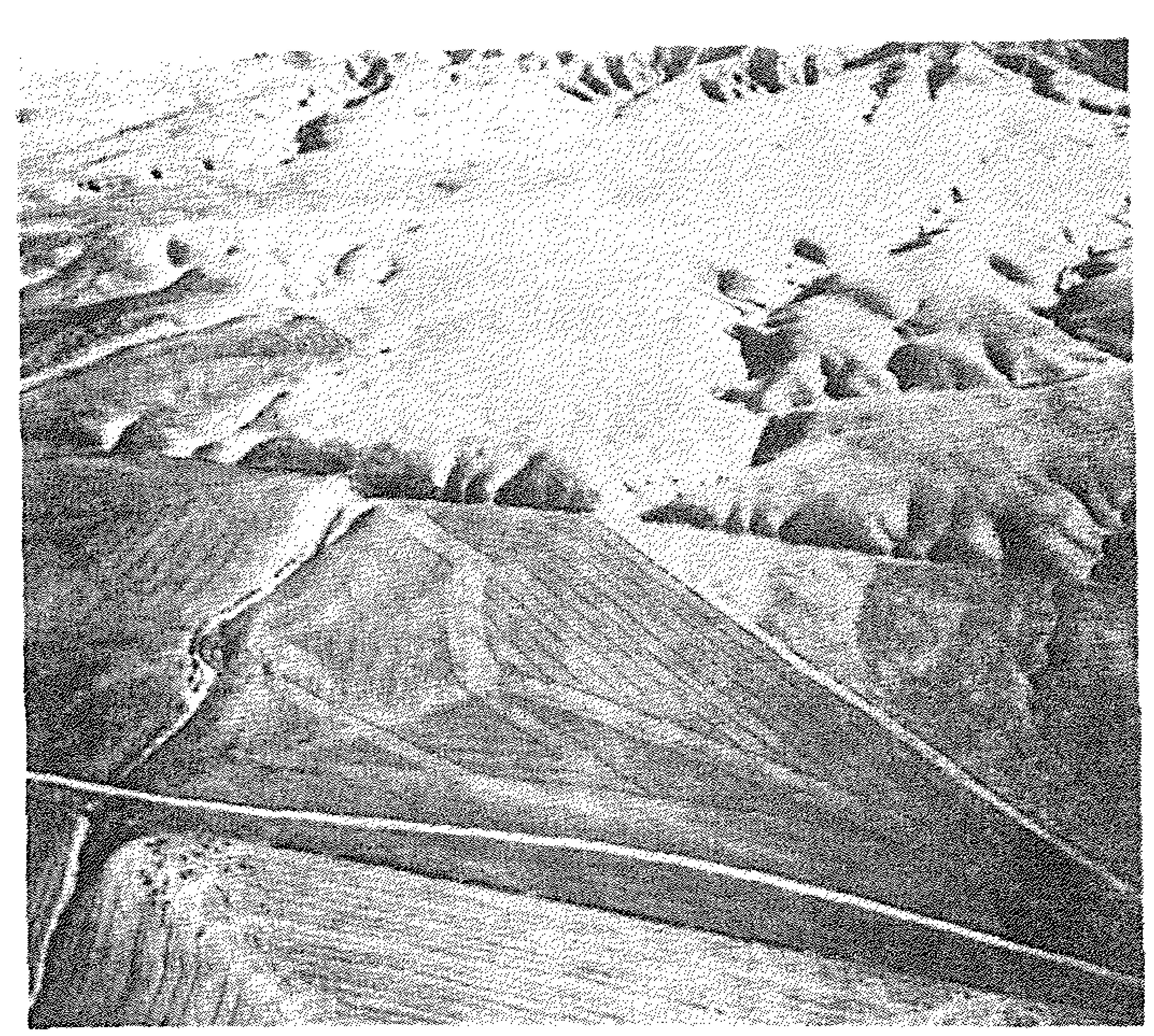
يعود نشوء الزلازل في مناطق السدود المائية إلى ثلاثة عوامل أساسية:

1) ـ إن تجمع المياه في منطقة السد يقوم بزيادة الضغط على أرض السد، وزيادة تسرب المياه في الصخور.

2) ـ تؤدي زيادة الضغط هذه إلى زيادة ضغط الماء في مسامات الصخور، وبالتالي يؤدي إلى نقصان متانة الصخور.



(الشكل : 24) ـ تهدم أحد السدود (فان ـ نورمان)، في سان ـ فرناندو، نتيجة لزلزال عام 1971م، حيث سقط أحد أجزاء السد في البحيرة.



(الشكل : 25) ـ فالق سان ـ اندريس، في وسط كاليفورنيا، ويظهر نهر اوليس ـ كريك، الذي تتقاطع فروعه مع الفالق الكبير، وقد قامت الزلازل خلال مئات السنين بتغيير ونقل مجرى النهر، لمسافة وصلت إلى 120م.

3) ـ زيادة درجة إشباع الصخور والشقوق والمسامات الصخرية بالماء تؤدي إلى حدوث انزلاق الكتل الصخرية على طول الشقوق والفوالق.

وعندما تجتمع هذه العوامل معاً تصبح الظروف ملائمة لحدوث الزلازل، وخاصة في حالة وجود شقوق وفوالق في منطقة السد.

وفي الختام نذكر أن الزلازل قد تنشأ نتيجة تجفيف الأحواض المائية بشكل سريع، ويعود ذلك إلى الانخفاض السريع للضغط المائي على قاع الحوض (نتيجة الانخفاض السريع لمنسوب الماء في الحوض)، وخاصة إذا كانت سرعة انخفاض الضغط على القاع أكبر من سرعة إعادة توازن ضغط الماء في المسامات والشقوق الصخرية، وذلك لأن انخفاض ضغط الماء في الشقوق والمسامات الصخرية يتطلب فترة زمنية محددة.

وتنتج الزلازل عن وجود قوة الضغط المائي الداخلية الكامنة في الصخور، والتي تقود إلى انخفاض متانة وتماسك الصخور، وبالتالي تؤدي إلى حدوث الزلازل، وهذا ما حدث فعلاً في سد (نوريكسك) في طاجاكستان، الذي يتعرض لتغيرات في منسوب الماء في الحوض المائي تبلغ (3 أمتار) مما يؤدي إلى ظهور نشاط زلزالي في المنطقة.

الفصل السادس

التنبؤ بحدوث الزلازل

لقد زاد الاهتمام في الوقت الحاضر بالتنبؤ بحدوث الزلازل، وذلك كمحاولة لتجنب الخسائر المادية والبشرية الكبيرة، التي تنجم عن الزلازل، وكلما كان التنبؤ دقيقاً، كلما كانت الخسائر قليلة والضحايا البشرية معدومة، لذلك نلاحظ أن الدول ترصد الأموال الطائلة من أجل معاهد البحث العلمي وشراء المعدات المتطورة والقادرة على التنبؤ بموعد حدوث الزلازل، كما وتعّد المختصين الأكفاء في مجالات مراقبة الزلازل والبراكين، وذلك كمحاولة لزيادة فعالية أساليب الوقاية من أضرار الزلازل، أو التقليل منها على الأقل.

فيما يلي سوف نذكر أهم التنبؤات التاريخية، التي ثبتت صحتها في السنين الماضية، في عدد من المناطق:

1 ـ بعض التنبؤات في الصين:

لقد حدث أول تنبؤ في الصين عام 1969م في منطقة مدينة (تيانتسيزن) عن طريق ملاحظة سلوك الحيوانات، حيث لاحظ المسؤولون عن حديقة الحيوانات في (18 تموز 1969)، تغيرات كبيرة في تصرف الحيوانات، حيث رفض بعضها تناول الطعام، وخرجت الحيوانات من الماء واضطرب القسم الأكبر منها.

وقد قام المسؤولون عن الحديقة بإعلام الجهات المسؤولة عن هذا الحدث، وفي منتصف ذلك النهار حدث زلزال في خليج (باخايغان) شرق مدينة (تيانتسيزن)، وقد بلغت شدته حوالي (7,4 درجة) على مقياس ريختر.

وفي عام 1976م تم التنبؤ بحدوث ثلاث زلازل في منطقة (يوننان)، ومنطقة

(سيجوان)، وفي المنطقة الحدودية بينهما، وذلك بالاعتماد على الشواذ المغناطيسي في المناطق المدروسة.

وعادة ما تم التنبؤ بحدوث الزلازل قبل بضع ساعات إلى بضعة أيام من وقوع الزلازل، وذلك بالاعتماد على زيادة عدد الهزات والحركات الأرضية الخفيفة، ولكن ليس دائماً تكون التنبؤات صحيحة مئة بالمئة.

2 ـ تنبؤ هابجين في الصين:

يعتبر أحد أهمّ التنبؤات وأشهرها، وقد تم في عام 1975م، في مدينة (هابجين) الصينية، حيث قام العلماء بمراقبة هذه المنطقة ولسنين طويلة قبل حدوث زلزال عام 1975، وذلك لأن كل الدلائل كانت تشير إلى قرب حدوث زلزال ضخم، وبالتالي تم نصب مجموعة من أجهزة قياس الزلازل، لقياس التغيرات في حركة سطح الأرض، وقياس كل التغيرات المغناطيسية، وشدة المقاومة الكهربائية.

لقد طُلب من السكان ملاحظة التغيرات في منسوب مياه الآبار، والابلاغ عن أي تغيرات في سلوك الحيوانات الأليفة المنزلية. وقد دلت كل الملاحظات المتوفرة على حدوث تغيرات واضحة في حالة باطن الأرض، وقد ازدادت هذه التغيرات حتى شهر كانون الثاني من عام 1975م، وأصبحت واضحة جداً مما أدى إلى الاعلان عن خطورة المنطقة واتخذت كافة الاجراءات والاحتياطات الواجب اتخاذها لمواجهة الزلازل كما وزعت على السكان التعليمات الواجب التقيد بها أثناء حدوث الزلازل، وطلب منهم محاولة إخلاء المدينة والنوم في العراء.

وفي شباط عام 1975م، ازدادت الدلائل المشيرة إلى قرب حدوث الزلازل حيث ارتفع منسوب مياه الآبار، ولاحظ علماء الزلازل في محطات التسجيل حدوث عدد من الزلازل الضعيفة.

وفي مساء الثالث من شباط بدا واضحاً أن زلزالاً قد يحدث في أي لحظة، وقد حدث في صباح اليوم التالي زلزال بقوة (4,7 درجة). وفي الساعة الثانية

تماماً أعلنت حالة الطوارىء، وقد توقع حدوث زلزال كبير في خلال اليومين القادمين، وتم إخلاء المدينة بشكل شبه كامل من السكان وبعد الاعلان بخمس ساعات ونصف أي في الساعة (7,36) حدث زلزال قوي بلغت شدته (7,3 درجة)، حيث تهدمت مئات المنازل والمعامل وكان عدد الضحايا قليل جداً، ولحسن الحظ حدث الزلزال مباشرة بعد عملية إخلاء المدينة من السكان. لقد كان هذا التنبؤ ناجحاً جداً، حيث تم إنقاذ حياة عشرات الألوف من السكان، وقد مهد الطريق إلى تنبؤات جديدة وأكثر دقة من سابقاتها.

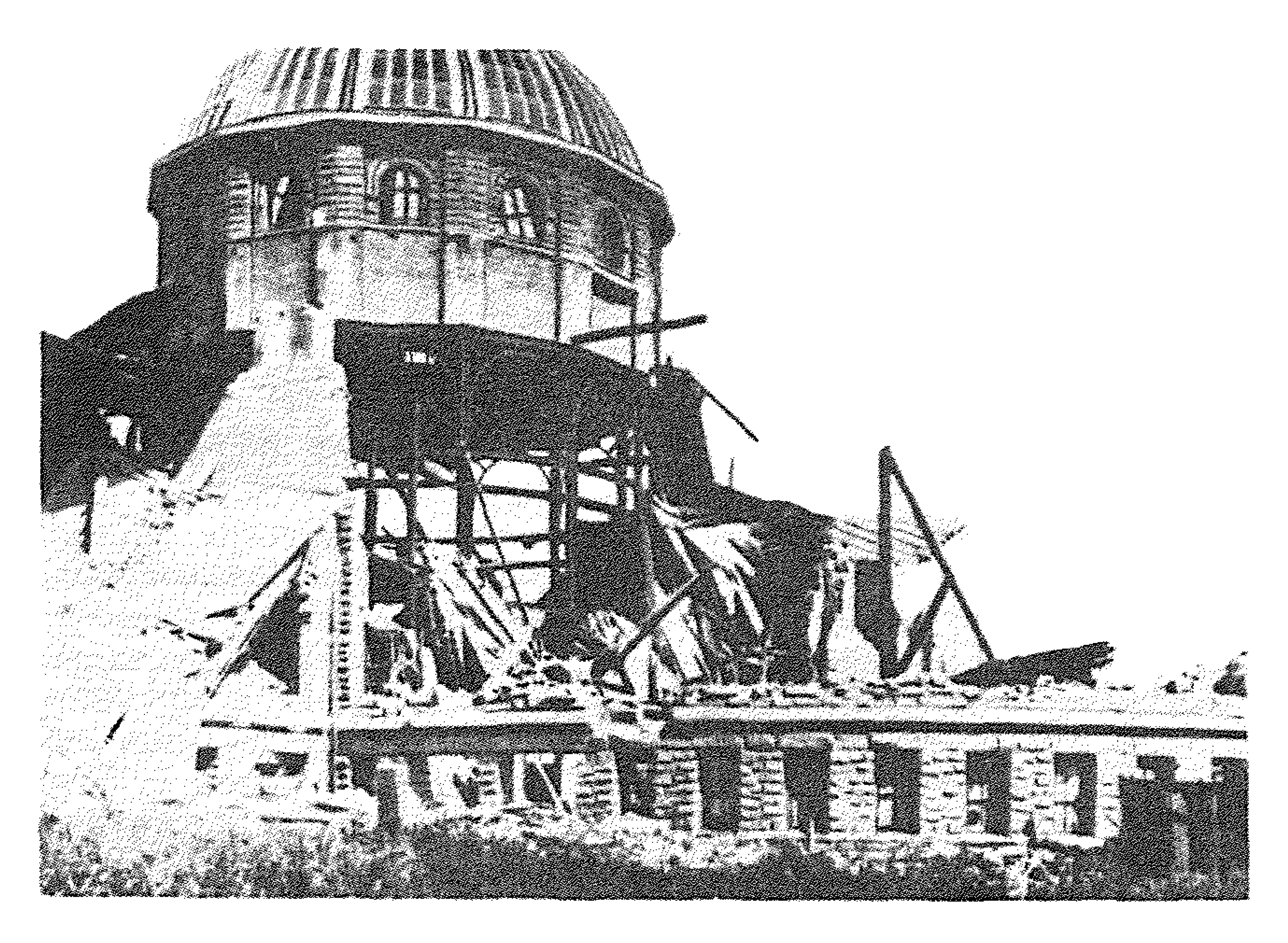
3 ـ التنبؤات في أمريكا:

لقد تمت عدة توقعات لحدوث زلزال ضعيفة فقط، ولكن التنبؤ الناجح الأول حدث في عام 1973م، في شمالي مقاطعة نيويورك بالقرب من بحيرة (الجبال الزرقاء).

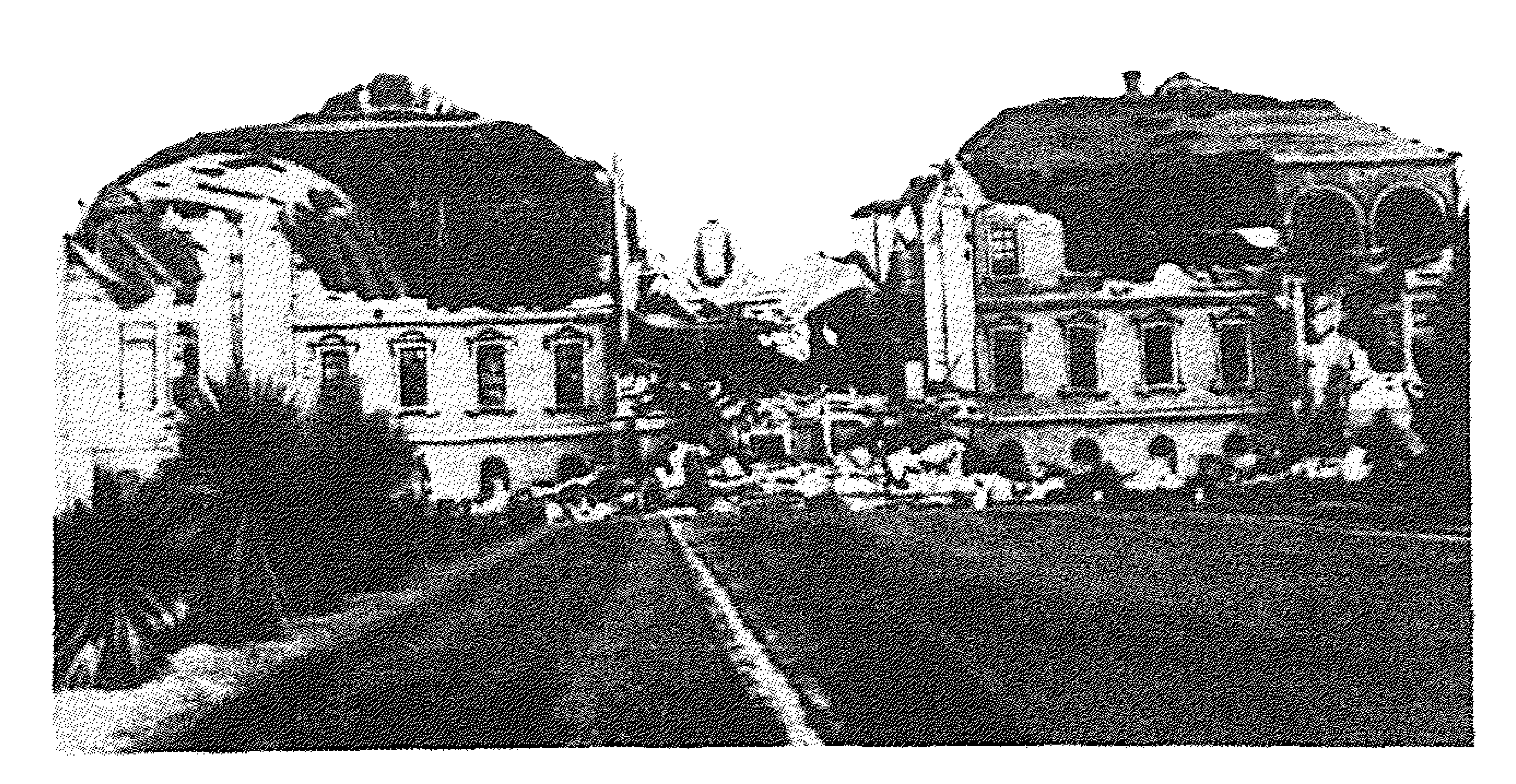
ففي عام 1972م بدأ علماء الزلازل في جامعة كالومبيا بقياس سرعة الاهتزازات الأرضية في منطقة البحيرة، وقد لاحظوا في (1 آب 1973م) تغير في سرعة الموجات الاهتزازية مما دعاهم إلى توقع حدوث زلزال، بشدة (2,5 ـ 3 درجة)، وذلك خلال الأيام المقبلة، وبالفعل فقد حدث زلزال في (3 آب 1973)، بقوة (2,6 درجة).

وبهذا الشكل فقد استفاد خبراء الزلازل من تجاربهم السابقة، وازدادت قدرتهم على التنبؤ بالزلازل وبدقة شبه تامة.

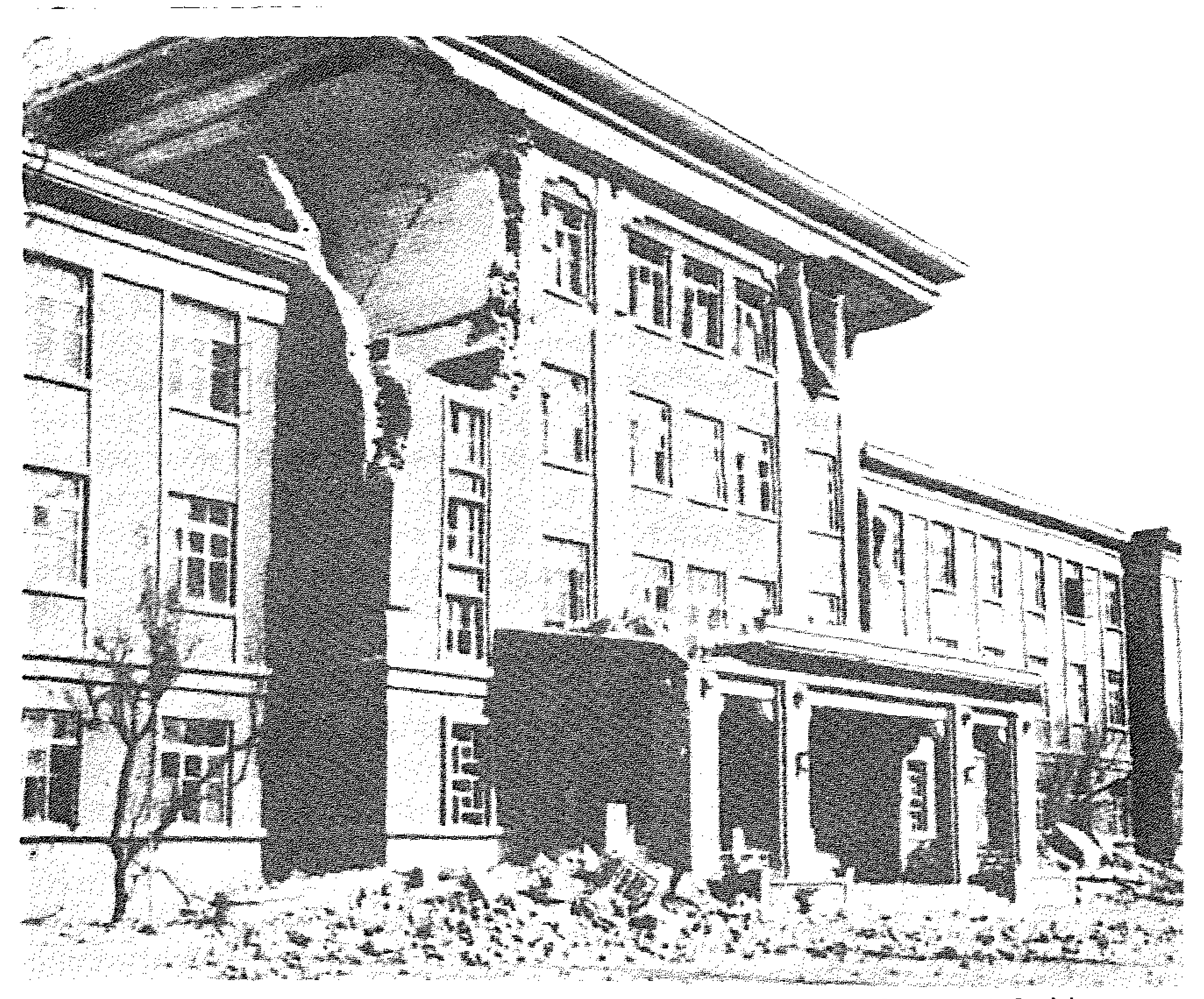
أما التنبؤ الثاني الناجح فقد تم في عام 1976، الذي اعتمد على قياس أبعاد الفواصل والشقوق إلى الشرق من (سان ـ خوسيه) في مقاطعة كاليفورنيا، حيث توقع خبراء الزلازل حدوث زلزال في حزيران من عام 1976م، نتيجة لحركة الأرض على طول الفوالق المحلية، وذلك خلال ثلاثة أشهر، وقد حدث الزلزال بالفعل في الثامن من كانون الأول عام 1977، وكانت قوته (3,2 درجة).



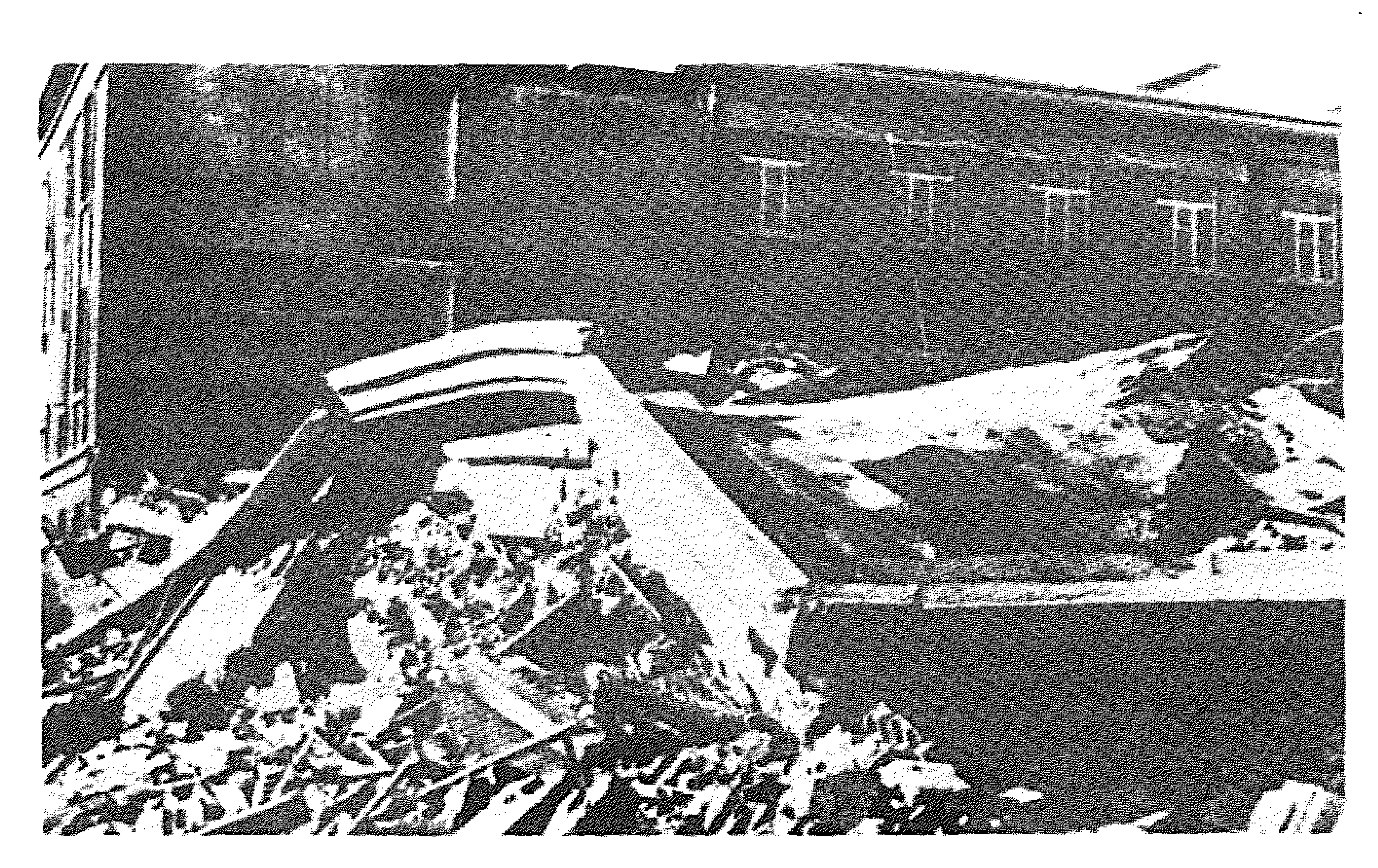
(الشكل : 26) ـ تهديم بناء المكتبة في جامعة ستانفورد في 18/ 5/ 1906 نتيجة للزلزال المدمر، الذي ضرب سان فرانسيسكو



(الشكل: 27) ـ تهديم الصالة الرياضية في جامعة ستانفورد



(الشكل: 28) ـ تهديم احد الفنادق في الصين في عام 1975م



(الشكل: 29) ـ تهديم الجزء اليميني من الفندق، نتيجة الزلزال، ضرب منطقة خاينسك عام 1975م

4 ـ التنبؤات في دول الاتحاد السوفياتي السابق:

لقد لاحظ علماء الزلازل السوفيات وجود علاقة وثيقة بين تغير سرعة الموجات الاهتزازية وحدوث الزلازل في منطقة طاجاكستان، وبعد عدة سنوات من الملاحظة أعلن الباحثين في الأول من تشرين الثاني عام 1978م عن توقع حدوث زلزال قوي خلال أربع وعشرين ساعة، وقد بني هذا التوقع اعتمادا على ملاحظات عديدة منها: ازدياد قوة التشوه، زيادة الفعالية الزلزالية، تغير سرعة الموجات الاهتزازية في المنطقة، وظهور تغيرات غير طبيعية على منحنيات راسم الزلازل، وقد حصل الزلزال بعد ست ساعات من الاعلان، بين جبال (باميرا) و(تيان ـ شاينا)، على بعد (150 كلم) شرق (غارما)، وكانت قوته حوالي (7 درجات). كما وتنبأ خبراء الزلازل بالعديد من الزلازل، التي حدثت في طاجاكستان وأوزبكستان.

5 ـ التنبؤات اليابانية:

لقد بدأت المحاولات للتنبؤ بحدوث الزلازل في اليابان منذ العام 1964، بعد الزلزال المدمر، الذي ضرب (نيقات). عادة ما تحدث الزلازل في اليابان بشكل يومي، وإن نجاح عملية التنبؤ لها أهمية كبيرة لدى عامة الناس.

وقد تم عمل عدة تجارب ناجحة للتنبؤ بالزلازل، وذلك في الفترة ما بين العامين (1965 ـ 1967م)، حيث حدثت آلاف الزلازل الضعيفة حول مدينة (ماتسوسيرو) في مقاطعة (ناقانو). فقد حدث في يوم واحد حوالي (600 زلزال) مختلفة الشدة، وكان بينها عدة زلازل بلغت شدتها (4 ـ 5 درجات) وأدت إلى بعض الأضرار.

كما لوحظ حدوث بعض التغيرات الشاذة في سطح الأرض، وزيادة عدد الهزات الضعيفة قبل حدوث الزلازل القوية، كما لوحظ ارتفاع بعض المناطق وحدوث زيادة في قيمة الحقل المغناطيسي. وفي عام 1974م أُعلنت منطقة (توكاي) الصناعية، ذات الكثافة السكانية العالية والواقعة إلى الجنوب من العاصمة طوكيو، المنطقة الأكثر توقعاً لحدوث زلزال قوي ومدمر.

6 ـ المؤشرات الدالة على قرب حدوث الزلازل:

يوجد العديد من الدلائل والمؤشرات، التي تشير إلى قرب حدوث الزلازل، فيما يلي نذكر أهمها:

1) ـ الاهتزازات الأرضية الخفيفة:

تعتبر الاهتزازات الأرضية الخفيفة والمتابعة من أكثر المؤشرات على قرب حدوث الزلازل المدمرة والخطرة. وتقوم أجهزة تسجيل الزلازل الحديثة بتسجيل أقل الهزات الأرضية شدة مهما كانت شدتها.

2) ـ تحركات القشرة الأرضية:

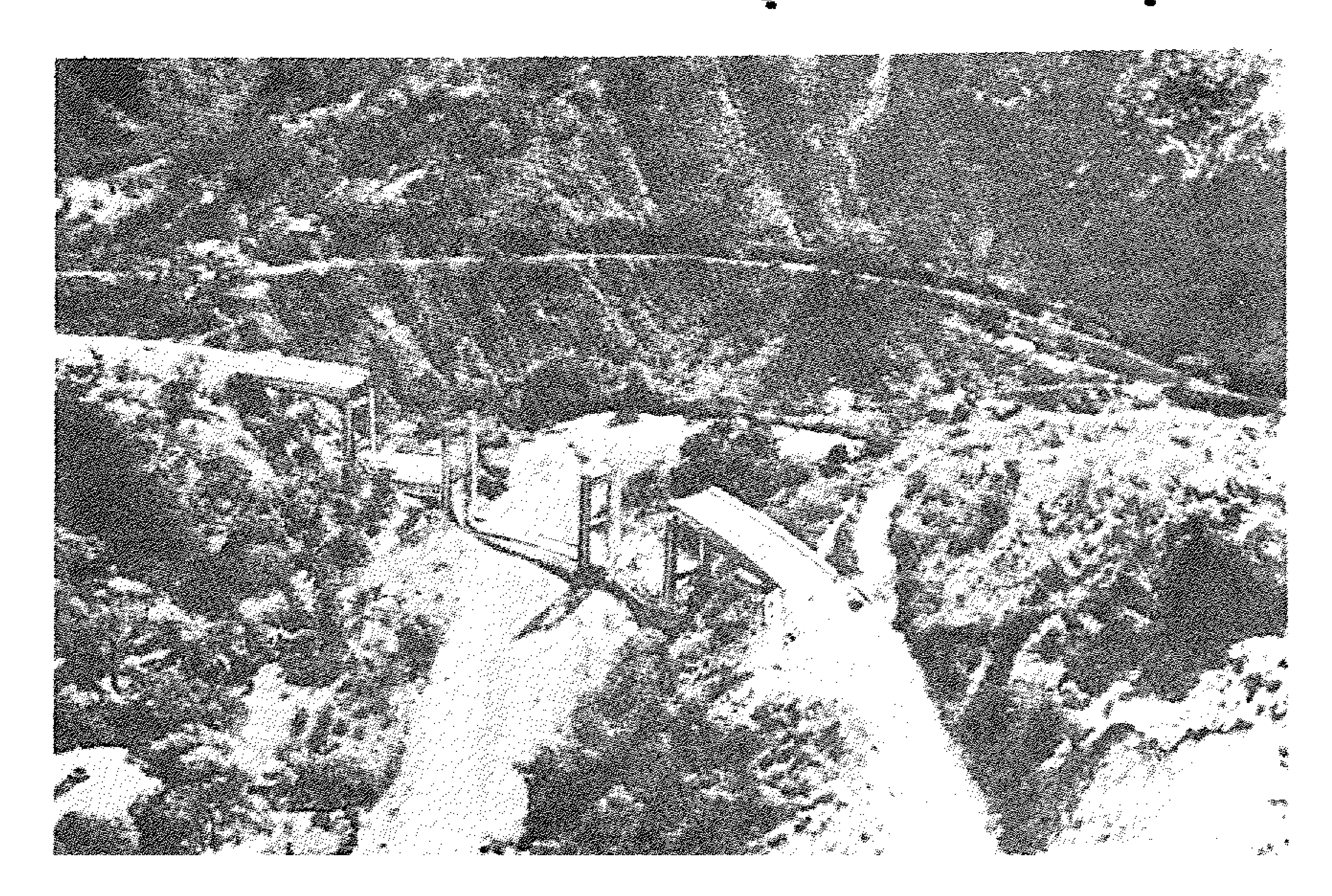
يمكن ملاحظة تحركات القشرة الأرضية عن طريق الصور الجوية والصور الفضائية المرسلة من الأقمار الصناعية، حيث تظهر تشوهات واسعة النطاق على مورفولوجيا سطح الأرض، والتي تدل على قرب حدوث الزلازل.

3) ـ ارتفاع أو انخفاض كتل من القشرة الأرضية:

عادة ما يسبق حدوث الزلازل الضخمة ارتفاع أو انخفاض كتل من القشرة الأرضية، وذلك على طول خط عمودي.



(الشكل: 30) ـ تشقق الأرض وتباعد طرفي الشق لمسافة أكثر من متر نتيجة زلزال عام 1983، الذي بلغت شدته (6,9)، في منطقة ايداخو، وقد امتد الشق لمسافة 45 كيلو متر.



(الشكل: 31) ـ تهدم جسر اغوا ـ كالينت الواصل بين مدينتي غواتيمالا والبروقريسو، نتيجة زلزال عام 1976م وقد أعاق تهدمه عمليات إغاثة المناطق المنكوبة.

4) ـ ميل سطح الأرض:

يمكن قياس ميل سطح الأرض بواسطة جهاز خاص يسمى جهاز الميل، وفي حالة تغير هذا الميل، حتى ولو كان التغير بسيطاً، فإنه مؤشر على قرب حدوث الزلازل.

5) ـ التشوهات:

عادة ما تحدث بعض التشوهات الأرضية قبل الزلازل، لذا يستخدم جهاز خاص لقياس حركة الكتل، والتشوهات الناتجة عن الحركة، ويتميز هذا الجهاز بحساسيته العالية.

6) ـ تغير مستوى الماء في الآبار:

عادة ما يسبق الزلازل حدوث تغير في مستوى الماء في الآبار سواء عن طريق زيادة مستوى الماء أو نقصانه، ويرتبط ذلك مع تغير قيمة الاجهاد في الصخور.

7) ـ تغير سرعة الأمواج السيسمية:

من المعروف أن سرعة الأمواج السيسمية تعتمد على حالة الصخور، التي تخترقها هذه الأمواج، وعلى نسبة الماء المتواجد في الفراغات والمسامات الصخرية، وعلى الخواص الفيزيائية للصخور.

8) ـ الجيومغنيت (التغير في قيمة الحقل المغناطيسي):

يمكن أن تتغير قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي محلياً نتيجة لتشوه بعض الصخور، ولحركة القشرة الأرضية، كما تلاحظ تغيرات في قيمة الحقل المغناطيسي قبل حدوث الزلازل.

9) ـ تغير قيمة الكهرباء الأرضية:

قد يرتبط التغير في قيمة المقاومة الكهربائية للصخور مع حدوث الزلازل،

كما ويرتبط مع هطول الأمطار وغيره من العوامل.

10) ـ تغير نسبة الرادون في المياه الجوفية:

عادة ما يتواجد غاز الرادون المشع في المياه الجوفية وينطلق هذا الغاز من الأرض وينتشر في الجو. ولقد لوحظت زيادة في نسبة غاز الرادون في المياه الجوفية للمرة الأولى في طشقند قبل زلزال عام 1966م، الذي بلغت شدته (5,3 درجة).

11) ـ اضطراب الحيوانات:

في بعض الأحيان قد يكون اضطراب الحيوانات دليلاً مباشراً على قرب حدوث الزلازل، ولكن هذه ليس قاعدة عامة، فقد لوحظ اضطراب الحيوانات بعد الزلزال، وليس قبله.

عادة ما يعود اضطراب الحيوانات إلى انطلاق غازات معينة، أو نتيجة لحدوث بعض الهزات الأرضية الخفيفة، أو نتيجة التغيرات في قيمة الحقل الكهربائي الأرضي، أو نتيجة لانبعاث بعض الأصوات التي تسبق الزلازل، حيث تسمعها الحيوانات قبل الإنسان، وذلك نتيجة لكون أذانها قريبة من الأرض.

وفي الختام لا بد من التنويه إلى أن هذه المؤشرات سابقة الذكر قد لا يعطي وجودها دلالة منطقية على قرب حدوث الزلازل، ولكننا نستطيع تجنب بعض الأخطار الناتجة عن الزلازل، إذا ما انتبهنا لهذه المؤشرات وراقبناها بشكل جيد.

وأتصور أنه لا بد أن يأتي يوم ونستطيع التنبؤ بقرب وقوع هذه الزلازل، وبالتالي نتجنب أخطارها وبشكل نهائي ونزيل اسم الزلازل من قائمة الكوارث الطبيعية، التي تهدد الإنسان وتنغص عيشه وتقض مضجعه.

الفصل السابع

التحضير والوقاية من الزلازل

إن من يعيش في منطقة تتعرض للزلازل بشكل شبه دائم، عليه أن يتوقع دائماً وفي أية لحظة حدوث زلزال، وعليه أيضاً أن يكون مستعداً للتعامل معه، بحيث لا يعيقه هذا الأمر عن تنفيذ أعماله اليومية.

1 ـ التحضير لاستقبال الزلازل والتعامل معها:

يجب التحضير لاستقبال الزلازل والتعامل معها على كافة المستويات الشعبية والحكومية، والمنظمات المختلفة، والمؤسسات العامة والخاصة كما يجب أن توجه عملية التحضير والوقاية بحيث تشمل ثلاث مراحل:

أ ـ التقليل من نسبة الخطر (قبل وقوع الزلازل).

ب ـ تنظيم أعمال الانقاذ والاسعافات الأولية منذ اللحظة الأولى لوقوع الزلزال وحتى إزالة آثاره.

جـ ـ إعادة شبكة الخدمات العامة والاتصالات (بعد الزلزال).

أ ـ التقليل من نسبة الخطر:

إن الخطوة الأولى للتقليل من الأضرار الناجمة عن الزلازل تعتبر تحديد درجة الخطر، حيث يتم التأكد من تحقيق الشروط الأساسية لسلامة البناء، وتحديد الأماكن الضعيفة والخطرة في الأبنية.

أما الخطوة الثانية فهي إيجاد السبل الكافية للوقاية والتقليل من نسبة الخطر،

عن طريق تدعيم الأبنية، ووضع أثاث المنزل، والأجهزة والمعدات الثقيلة على الأرض مباشرة، بالإضافة إلى إطفاء المواقد وقطع التيار الكهربائي.

وفيما يتعلق بالتعليمات الواجب اتباعها في المدارس والمؤسسات التعليمية المختلفة، فيجب تدريب الطلاب والتلاميذ على طريقة الوقاية من أضرار الزلازل في حالة حدوث زلزال أثناء الدوام المدرسي، حيث يجب الاختباء تحت المقاعد الدراسية وفي وضعية تحمي الجسم والرأس.

ب ـ تنظيم أعمال الانقاذ والاسعافات الأولية:

تعتبر مسألة إزالة آثار الزلازل، والقيام بالاسعافات الأولية مسؤولية كل شخص. ومن المعروف أنه أثناء حدوث مثل هذه الكوارث الطبيعة المدمرة يندفع غالبية الناس لمساعدة بعضهم البعض.

عادة ما تقع مسؤولية الانقاذ وإخلاء الجرحى على عاتق رجال الاطفاء والشرطة، الأطباء والممرضين، لأنهم الوحيدون المدربون على هذه الأعمال، ويملكون الخبرة والأجهزة المتخصصة، من أجهزة اتصال، مولدات كهرباء، أدوات طبية وعلاجية، أدوية وأغذية وغيرها.

ويتضمن عمل فرق الانقاذ، البحث عن المفقودين تحت الانقاض، وإجراء الاسعافات الأولية للمصابين إطفاء الحرائق، وإبعاد المواد الكيميائية القابلة للاشتعال، وقطع التيار الكهربائي، وإغلاق أنابيب الغاز، ترحيل الناس عن المناطق المنكوبة، منع حوادث الاعتداء والسرقة، وحلّ بقية المشاكل، التي قد تحدث.

(الجدول: 2) ـ يبين أهم الزلازل، التي حدثت على الكرة الأرضية واعتبرت من الكوارث الطبيعية الضخمة.

العام	المنطقة	الشدة	عدد الضحايا	الملاحظات
342	تركيا	ـ	40000	دمار كبير
21/7/365	شرق البحر الأبيض المتوسط	ـ	50000	دمار في منطقة كريت، عواصف في الاسكندرية قتلت 5000 شخص
9/7/551	لبنان	ـ	ـ	تدمير بيروت
18/9/844	سوريا	ـ	50000	تدمير دمشق
كانون الأول 856	شمال افريقيا والشرق الأوسط	ـ	45000	تدمير الكثير من المدن من تونس حتى ايران.
893	الهند	ـ	180000	تدمير مساحة كبيرة.
9/1/1038	الصين	7,3	32,000	مقاطعة شانس وتدمير القرى.
18/3/1068	فلسطين	ـ	25000	تهديم الكثير من القرى.
8/9/1138	سوريا	ـ	100000	تهديم مدينة حلب.
20/4/1202	الشرق الأوسط	30000		شمل الزلزال مساحة واسعة بلغت 2 مليون كم2، وشملت مصر، سوريا، آسيا الصغرى، أرمينيا
20/4/1239	اليابان	ـ	30000	دمار شامل في كاناكاف
17/9/1303	الصين	8	15000	دمار شامل في خوا ندون
5/10/1455	إيطاليا	ـ	40000	دمار كبير.
26/1/1531	البرتغال	ـ	30000	تدمير ليشبونا.
23/1/1556	الصين، شانسي	8	830000	كارثة طبيعية عظيمة في التاريخ حدث الزلزال ليلاً في منطقة ذات كثافة سكانية عالية قتل معظم السكان وتدمرت كل المنازل.
30/6/1626	إيطاليا	ـ	70000	تدمير مدينة نيابل.
1667	اذربيجان	ـ	80000	ـ
25/6/1668	الصين، شاندون	8,5	50000	تدمير شمل مساحة واسعة.
5/6/1688	تركيا	ـ	15000	تدمير على شواطىء بحر ايجه
9/1/1693	صقليا	ـ	60000	تدمير كبير.
18/4/1695	الصين	8	30000	مقاطعة شانسي.

تابع (الجدول: 2) ـ يبين أهم الزلازل، التي حدثت على الكرة الأرضية واعتبرت من الكوارث الطبيعية الضخمة.

العام	المنطقة	الشدة	عدد الضحايا	الملاحظات
1715	الجزائر	ـ	20000	تدمير مدينة الجزائر
18/ 11/ 1727	ايران	ـ	77000	تدمير تبريز.
30/ 10/ 1730	اليابان	ـ	137000	مقاطعة خوكايدو.
1737	الهند	ـ	300000	كالكوتا.
3/ 1/ 1739	الصين	8	50000	مقاطعة نينسيا.
1755	البرتغال	8,6	60000	في يوم عيد كل القديسين. تدمير المنازل والكنائس في لشبونه، اعاصير بحرية.
1759	لبنان، بعلبك	ـ	30000	تدمير المعبد الروماني
1783	إيطاليا	ـ	50000	أول محاولة لدراسة الزلازل
1797	الأكوادور	ـ	41000	تدمير كيتو.
1811	أمريكا، نيو مدريد	7,5	ـ	ثلاث زلازل غيرت شكل الأرض
1812	أمريكا، نيو مدريد	7,3	ـ	وشكلت بحيرة، وغيرت مجرى
7/ 2/ 1812	أمريكا، نيو مدريد	7,8		الأنهار، حدثت في مناطق غير مأهولة بالسكان.
25/ 3/ 1812	فنزويلا	ـ	20000	تدمير مدينة كاراكاس.
18/ 12/ 1828	اليابان	6,9	30000	تدمير منطقة ايتيقو.
20/ 2/ 1835	تشيلي	8,5	ـ	ترافق مع أعاصير بحرية.
8/ 5/ 1847	اليابان	7,4	12000	جزيرة خونسيو.
12/ 9/ 1850	الصين	7,5	21000	مقاطعة سيجوان.
16/ 12/ 1857	ايطاليا	6,5	12000	نيابل.
2/ 6/ 1859	تركيا	6,1	15000	.
12/ 8/ 1868	تشيلي ـ بيرو	8,5	25000	اعاصير بحرية قوية.
16/ 8/ 1868	اكوادور ـ كولومبيا	ـ	70000	.
27/ 8/ 1883	اندونيسيا	ـ	36000	.
15/ 10/ 1883	قبرص	ـ	15000	.
17/ 11/ 1893	شمال ايران	ـ	18000	.
15/ 6/ 1896	اليابان	7,5	27000	اعاصير بحرية، غرق القرى.

تابع (الجدول: 2) ـ يبين أهم الزلازل، التي حدثت على الكرة الأرضية واعتبرت من الكوارث الطبيعية الضخمة.

العام	المنطقة	الشدة	عدد الضحايا	الملاحظات
1897/6/12	الهند	8,7	1500	تضرر الكثير من المباني.
1905/4/4	الهند	8,6	19000	منطقة البنجاب ـ كشمير.
1907/10/21	طاجاكستان	8,1	12000	
1908/10/28	ايطاليا	7,5	58000	تدمير مقاطعة ميسين.
1915/1/13	ايطاليا	7,5	32600	افيتسانو.
1917/1/21	اندونيسيا	ـ	15000	جزيرة بالي.
1920/12/16	الصين	8,6	200000	انهيارات كثيرة، مقاطعة نينسا
1923/5/26	ايران	5,5	2200	في شمال ـ شرق إيران.
1923/9/1	اليابان ـ طوكيو	8,3	99300	تدمير شامل لمساحة كبيرة، حريق كبير، أعاصير بحرية عنيفة
1927/5/23	الصين	8,3	41000	مقاطعة غانسو.
1934/1/15	الهند	8,4	10700	بيخار.
1935/6/1	باكستان	7,6	25000	تدمير مدينة كفيتا.
1939/1/24	تشيلي ـ تشيليان	8,3	28000	تدمير المدينة وتشريد 100000
1939/12/27	تركيا	8	32700	تدمير العديد من القرى.
1948/10/6	تركمانستان	7,3	19800	تدمير مدينة اشهباد.
1960/2/29	المغرب اغادير	5,7	12000	تدمير كامل لمدينة اغادير.
1962/9/1	ايران	7,3	12200	شمال غرب ايران
1968/8/31	ايران خوراسان	7,3	12100	تشريد حوالي 60 ألف شخص.
1970/5/31	البيرو	7,8	67000	كارثة طبيعية كبيرة، تشرد حوالي 600 ألف شخص، انهيارات أرضية ضخمة في الجبال.
1974/5/11	الصين	7,1	2,000	مقاطعة يونان.
1976/2/4	غواتيمالا	7,5	23000	انهيارات أرضية، تشريد السكان
1976/7/28	الصين	7,8	243000	تدمير المراكز الصناعية، لحق الزلزال الرئيسي أربع زلازل ثانوية.

كما تقوم فرق الانقاذ بتأمين الطعام والماء والمأوى للأشخاص، الذين

تهدمت منازلهم. وأخيرا تعكف على تحديد مدى الأضرار، والخسائر البشرية والمادية، التي نتجت عن الزلازل، وكيفية اصلاح الطرقات والجسور، والمباني وإعادتها للاستخدام. بالإضافة إلى إعادة توصيل التيار الكهربائي والغاز، والماء، والهاتف وغيرها من الخدمات الأساسية.

ج ـ إعادة شبكة الخدمات العامة والاتصالات:

تتطلب عملية إعادة الحياة إلى مجاريها وقتاً طويلاً وتتم بشكل بطيء وتدريجي، حيث يجب إعادة النظام إلى المنطقة المنكوبة، وفتح المحلات، والأسواق التجارية، وتقديم المساعدات للمحتاجين سواء كانت هذه المساعدات طبية أم مادية أم معنوية. وهنا قد تظهر مشاكل متعددة وينبغي حلّها بشكل فوري وسريع.

للوقاية من خطر الزلازل لا بد من اتخاذ الإجراءات التالية:

2 ـ تثبيت محتويات الأبنية:

عادة ما تتعرض الأبنية لأضرار بالغة أثناء الزلازل وكذلك تتعرض محتويات الأبنية (مفروشات، أثاث وأجهزة كهربائية، معدات وتجهيزات)، لأضرار كثيرة فعلى سبيل المثال عندما حدث زلزال (سانت بربره) كانت الخسائر في محتويات الأبنية أكثر من الخسائر في الأبنية نفسها.

كما أن الأثاث المنزلي والتجهيزات الأخرى في البيوت والمصانع، والشركات تسبب أحياناً للإنسان أضرار كبيرة أكثر من الزلازل نفسها، وقد تُودي بحياة الكثير من البشر.

مثلاً في المؤسسات يمكن أن تسقط الخزائن غير المثبتة بشكل جيد على رؤوس الموظفين، وفي المعامل والمصانع يمكن أن تسقط، أو تندفع المحركات والآلات نحو العمال وتقتلهم.

أما في المخابر والمؤسسات التعليمية فقد يسبب سقوط الأدوات، أو تكسّر

الأنابيب المخبرية والقوارير الزجاجية، إلى إنطلاق بعض الغازات السامة وقد تشب بعض الحرائق، التي قد تقضي على المخبريين.

وكذلك في الصالات الرياضية والمدارس والمكتبات ينتج عن سقوط الأدوات الرياضية، والأجهزة التوضيحية، وخزائن الكتب وغيرها من التجهيزات الأخرى خسائر مادية وبشرية كبيرة.

أما في المتاحف والمعارض فقد تسبب الزلازل تكسير الكثير من المعروضات الثمينة والتحف النادرة من حلّي ومجوهرات ولوحات، وتماثيل ومنحوتات.

وفي المنازل قد تكون أية قطعة أثاث مصدراً للخطر، وكذلك كل أدوات المطبخ (البراد، الغسالة، الفرن الطاولة، الصحون والكاسات). ولكي نتمكن من التقليل من الخسائر المادية والبشرية، أثناء وقوع معظم الزلازل، لا بد من أخذ جميع الاحتياطات اللازمة، لذلك لا بد في المنازل من تثبيت قطع الأثاث إلى الجدار، أو إلى الأرض.

وفي المصانع والمعامل يجب تثبيت الآلات والمعدات الثقيلة بالأرض بواسطة براغي أو أسلاك معدنية متينة، لتمنعها من الحركة أثناء وقوع الهزات الأرضية.

أما في المدارس والمؤسسات التعليمية الأخرى فيجب تثبيت خزائن الكتب، والأدوات التوضيحية إلى الجدار بشكل جيد. وكذلك في المخابر يجب إحكام إغلاق الخزائن الخاصة بالأنابيب والقوارير المخبرية، ولا بد من إغلاق الزجاجات الحاوية على المواد السامة، أو القابلة للاشتعال.

وكذلك في المتاحف والمعارض يجب تثبيت المعروضات واللوحات بشكل جيد على الجدار، أو على أرضية المعرض. وبهذا الشكل وإذا ما اتبعنا كافة التعليمات السابقة الذكر نتمكن من الحفاظ على أثاث المنازل، وألات المصانع وغيرها من التجهيزات والأدوات في حالة سليمة، وبالتالي تقليل خطرها على الإنسان.

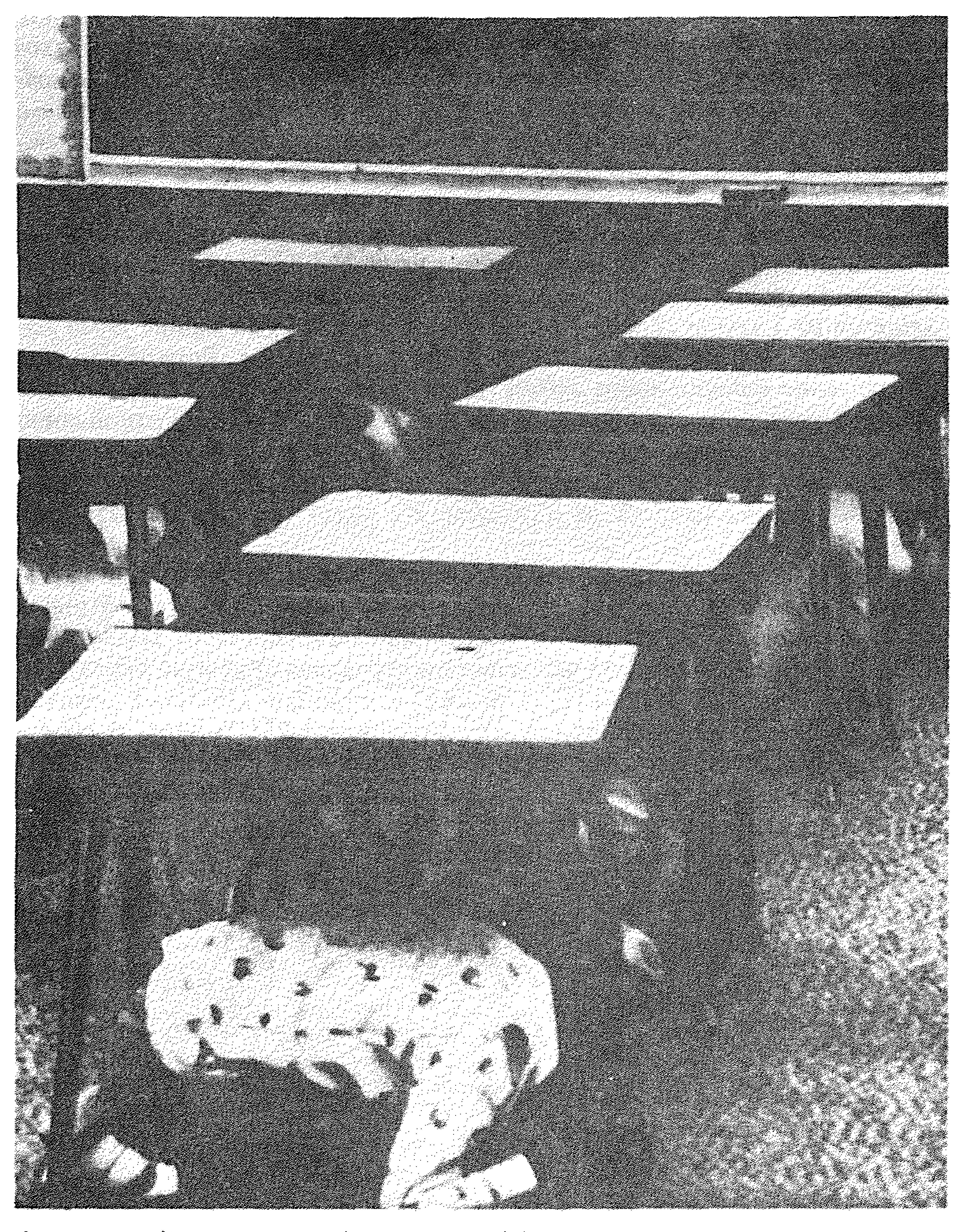
عادة ما يقع الكثير من الناس في أغلاط شائعة، حيث يعتبرون أن الأشياء الثقيلة (كالبراد، والآلات الضخمة، وغيرها)، لا تسبب بأي أذى إذا لم تثبت جيداً، وذلك ظناً منهم أنها ثقيلة لدرجة يصعب تحركها أثناء الزلازل، وينسون بذلك أن الزلازل القادرة على تحريك الأبنية الضخمة من مكانها قادرة على تحريك هذه التجهيزات والمعدات مهما بلغ حجمها ضخامة، وعندما تتحرك هذه الأجسام الكبيرة تسبّب خسائر مادية وبشرية كبيرة جداً، بالمقارنة مع الأجسام الصغيرة.

3 ـ تعليم المواطنين كيفية التعامل مع الزلازل:

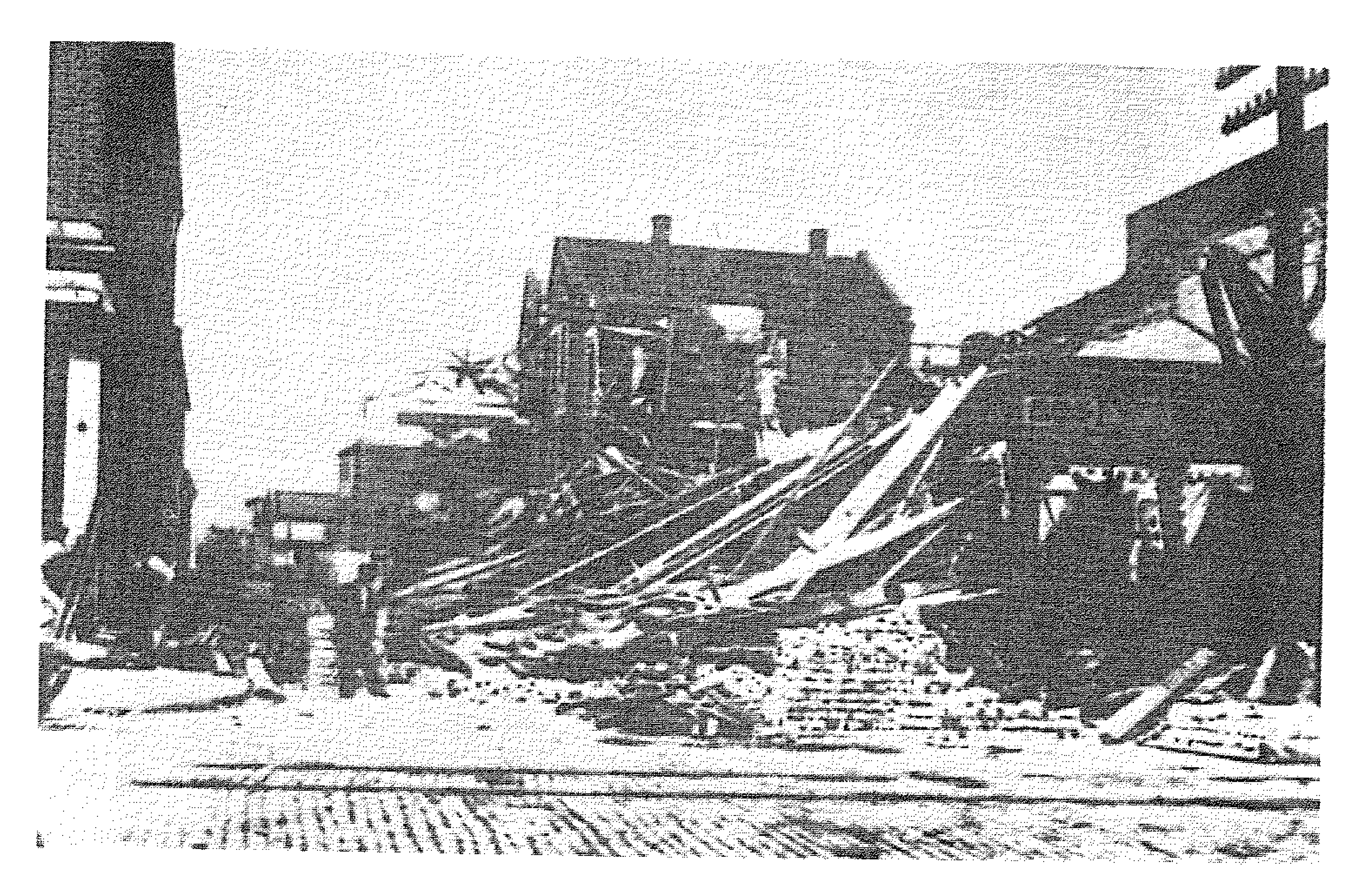
يجب على كل مواطن يعيش في منطقة تتعرض للزلازل، أن يعرف طريقة التعامل مع الزلازل في حالة وقوعها. ويمكن للمواطن الحصول على هذه المعلومات من الكتب المختصة، الراديو، التلفزيون، من المحاضرات وندوات التوعية العامة، أو عن طريق الأحاديث والتجارب الشخصية.

أما الطلاب والعمال والمستخدمين، ورجال الأطفاء والشرطة وغيرهم من العاملين في قطاع الخدمات، فيجب عليهم حضور الندوات وتنفيذ كافة الارشادات الضرورية للوقاية من أخطار الزلازل، وبشكل دوّري ومنتظم التأكد من الجاهزية العالية لمكافحة النتائج السلبية، التي تترافق مع الكوارث الطبيعية.

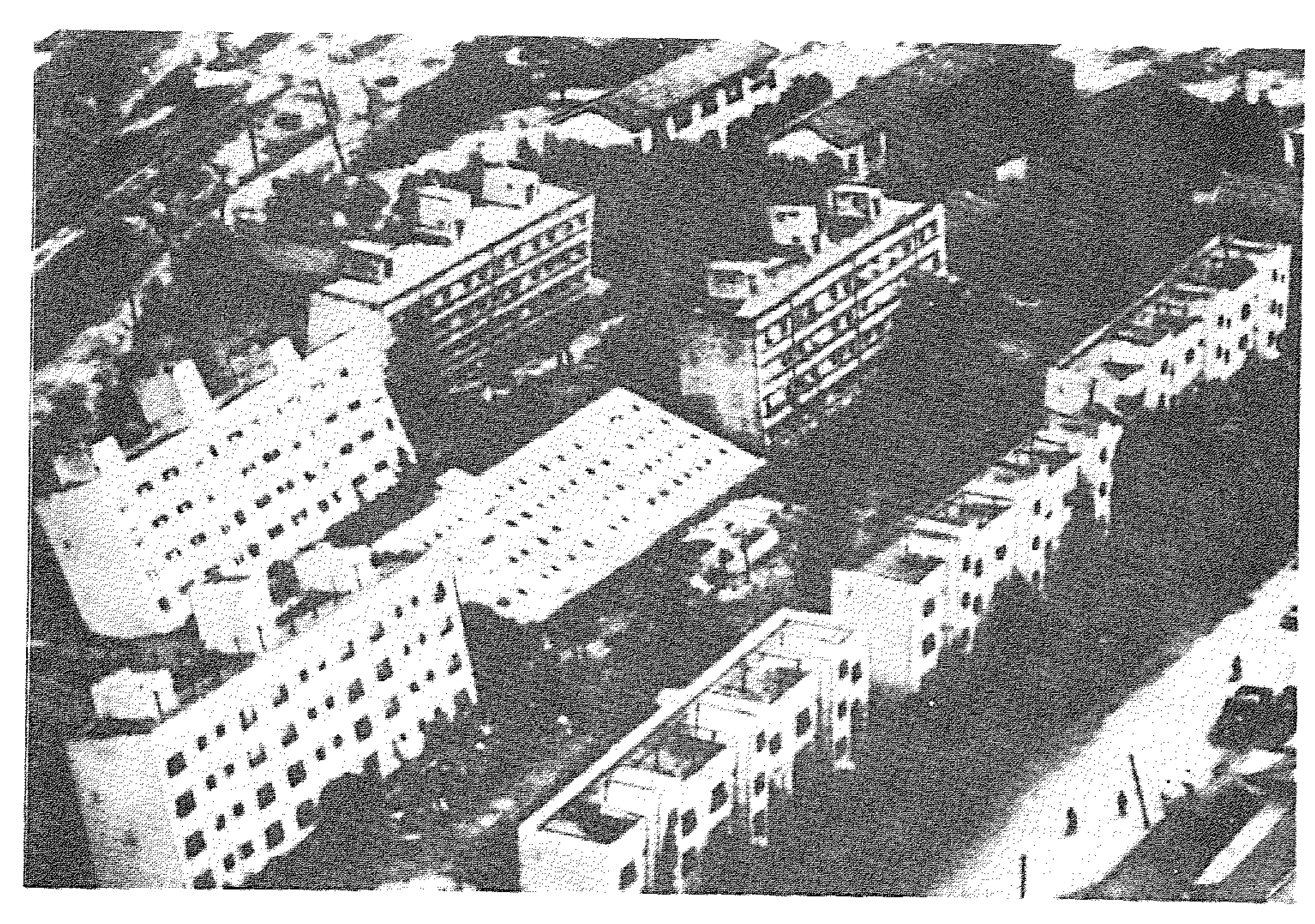
وينبغي على المعلمين اعطاء التلاميذ والطلاب لمحة مبسطة عن سبب نشوء الزلازل، وكيفية التقليل من أضرار الزلازل، وما هي الخطوات الواجب اتخاذها فور حدوث الزلازل، والتركيز على أهمية المحافظة على الهدوء والنظام، وعدم الخوف المفرط من الزلازل. كما ويجب إزالة كل الأوهام والتخيلات لديهم، مثل تصوراتهم أن الأرض سوف تبلع الناس أو أن المدينة ستغوص داخل الأرض، وغيرها من الخرافات، التي تثير الرعب في النفوس.



(الشكل: 32) ـ يوضح كيفية اختباء الطلاب تحت المقعد، في حالة حدوث الهزات الأرضية وهم في قاعة الدرس، حيث يجب وضع الرأس بين اليدين، وذلك لحمايته، وكذلك محاولة تجميع الجسم ليصبح حجمه أقل ما يمكن لكي يتم تجنب سقوط الخزائن، والأدوات التعليمية التوضيحية، على رؤوس الطلاب.



(الشكل : 33) ـ تهدم الأبنية في ولاية كارولينا الجنوبية، نتيجة زلزال عام 1886م.



(الشكل : 34) ـ تهديم حي سكني في مدينة نيقات في اليابان، نتيجة زلزال عام 1964م الذي بلغت شدته (7,5).

ومن الجدير بالذكر هنا الإشارة إلى أهمية التدريب والتمرين على كيفية التعامل مع الزلازل، وكيفية إخلاء الأبنية، وطريقة الحماية الشخصية، وغيرها من التعليمات والإرشادات، حيث أنها تكشف عن النواقص في الاستعدادات، وتساعد على تجنب الأخطاء، وبالتالي تقلل من عدد الضحايا، درجة الاصابات، ونسبة الخسائر البشرية.

لذلك نرى أنه من فترة لأخرى لا بد من إجراء تمرينات على حدوث زلازل وهمية متوقعة، ومحاولة إشراك عدد كبير من المواطنين في التمرينات بالإضافة إلى رجال الدفاع المدني والشرطة وكل المختصين، والعمل على تنفيذ التعليمات بحرفيتها، ومن ثم استخلاص العبر والنتائج.

4 ـ الاستعداد النفسي للتعامل مع الزلازل:

عند حدوث الزلازل يتعرض الكثير من الناس لازمات نفسية حادة، وقد يتصرفون تصرفات شاذة أثناء وقوع الزلازل، وذلك لكونهم لم يتعرضوا للزلازل من قبل، لم تكن لديهم معلومات كافية عنها. ومن هنا تنبع أهمية تدريب المواطنين على كيفية التعامل مع الزلازل، حيث أن معرفتهم للقواعد والتعليمات تخفف من أزماتهم النفسية وتقلل من أعراض الخوف المفرط.

ومن الملاحظ أثناء حدوث الزلازل أن بعض الناس يندفعون إلى مساعدة الآخرين، بينما يجلس بعضهم الآخر مكانه وكأنه أطرش، يحس بأنه وحيد على هذه الأرض، مسلوب الارادة وعاجز عن مساعدة الآخرين، وذلك لأن بعض الناس يحتاجون لفترة زمنية طويلة لكي يدركوا ما حدث ويستعيدوا وعيهم، ويتعاملوا مع الزلزال ويتقبلوه كأمر واقع.

ولعل الأطفال والمراهقين أكثر الأشخاص تأثراً بالزلازل، ويحتاجون لفترة طويلة كي يتخلصوا من الرعب الناتج عن الزلازل، فنراهم يصحون من النوم مذعورين، ويطلبوا النوم قرب الأبوين، وذلك لفترات طويلة بعد حدوث الزلزال، حتى ينسوا هذا الحدث الرهيب.

ويأتي بعد الأطفال من حيث درجة التأثر النفسي بالزلازل، النساء وذلك لكون المرأة بطبيعتها حساسة وانفعالية، وتحتاج لفترة طويلة للتخلص من الآثارة النفسية السلبية، التي تتركها الزلازل في نفسها، وخاصة إذا ما ارتبط هذا الشعور مع فقدان انسان عزيز، كالابن والزوج والحبيب.

عادة ما تحدث الأزمات النفسية والرعب عند الناس والأطفال خاصة، نتيجة للضجيج الجوفي والأصوات المخيفة المرافقة للزلازل وتهدم المنازل وتشقق الأرض.

وقد بينت الدراسات أن الأطفال ما بين (3 ـ 12 سنة) هم أكثر الأشخاص تعرضاً للأزمات النفسية والصدمات، وذلك لأنهم لا يستطيعون تفسير ما حدث، ولا يعرفون النتائج. بينما الأطفال ما دون الثلاث سنوات عملياً لا يتأثرون بالزلازل، وقد يقتصر تأثرهم بالبكاء والصراخ لفترة وجيزة، حيث أنهم لا يدركون خطورة ما حدث.

كما بينت الدراسات أن الأشخاص، الذين تعرضوا لصدمات نفسية حادة أثناء الزلازل، هم من الناس الذين لا يعرفون أي شيء عن أسباب الزلازل، وتأثيرها وكيفية التعامل معها والوقاية منها.

وفي الختام نجد أن التحضير والاستعداد النفسي لوقوع الزلازل، والمعرفة المسبقة بخطرها يقلل من الآثار النفسية الناتجة عنها، بل يجعل التعامل مع الزلازل أمراً ممكناً.

5 ـ الارشادات الواجب اتباعها للوقاية من الزلازل:

ونميز عادة بين ثلاثة أنواع من الارشادات، منها التعليمات الواجب اتباعها قبل وقوع الزلزال، وتلك الواجب اتباعها أثناء وقوع الزلزال، وأخيراً الاجراءات الواجب القيام بها بعد حدوث الزلزال.

أ) التعليمات الواجب تنفيذها قبل وقوع الزلزال:

1 ـ توفير كمية من الماء الصالح للشرب تكفي لعدة أيام، وكذلك احتياطي من

المواد الغذائية المعلبة والطازجة.

2 ـ شراء بيل ـ مصباح كهربائي ـ يعمل بالبطارية، ووضعه في مكان محدد لاستخدامه عند انقطاع التيار الكهربائي.

3 ـ تأمين راديو يعمل بالبطارية، لسماع الأخبار والاعلانات والتوجيهات.

4 ـ الاحتفاظ بأجهزة أطفاء الحريق المنزلية والسهلة الاستخدام، وذلك في حالة وقوع حريق نتيجة الزلازل.

5 ـ التعرف على أماكن قطع التيار الكهربائي والغاز والماء.

6 ـ الاحتفاظ بصيدلية صغيرة متنقلة تحتوي على المواد الأولية للاسعاف في حالة حدوث جروح، أو إصابات خفيفة.

7 ـ كتابة أرقام الهواتف الضرورية (الاسعاف، المطافىء، النجدة، . . .).

8 ـ تثبيت أثاث المنزل بشكل جيد إلى الأرض (الخزائن، البراد، . .).

9 ـ تثبيت سخان الماء، وموقد الغاز إلى الحائط باستخدام أسلاك معدنية قوية.

10 ـ تخزين المواد السامة، والمواد سريعة الاشتعال في أماكن آمنة.

11 ـ التأكد من أن الأسرة بعيدة عن النوافذ الزجاجية.

12 ـ تعليم أفراد العائلة ماذا يجب عليهم العمل أثناء وبعد الزلازل.

13 ـ اخبار الأطفال بضرورة تطبيق قواعد الوقاية من الزلازل، خاصة أثناء وجودهم في المدرسة.

14 ـ تقدير مدى الأخطار، التي قد يتعرض لها المنزل، أو مكان العمل أثناء الزلازل.

15 ـ الحرص على إخلاء مداخل المنزل، والبناء من الأغراض التي قد تعيق عملية إخلاء أفراد الأسرة وبسرعة قصوى.

16 ـ تدعيم الأماكن الضعيفة في المنزل.

17 ـ أثناء بناء المنزل، أو إعادة ترميمه يجب الحرص على أن تكون القواعد الأساسية للمنزل متينة وتتحمل الحركات الأرضية الأفقية.

18 ـ مساندة البرامج الاجتماعية الداعية إلى تحضير وتدعيم الأبنية كي تستقبل الزلازل.

19 ـ متابعة النشرات، التي تصدرها مراكز مراقبة الزلازل، والتقيد بالتعليمات

المعطاة من قبلهم.

ب) ـ التعليمات الواجب تنفيذها أثناء وقوع الزلازل:

بما أن الزلزال يستمر لحظات أو بضعة دقائق، يجب تنفيذ التعليمات بدقة وبسرعة فائقة، ومحاولة الاختباء تحت الطاولة، أو تحت السرير، أو في أي مكان آمن.

1 ـ الحفاظ على الهدوء وعدم التنقل من مكان إلى آخر.

2 ـ الاختباء في مكان آمن (بزاوية الغرفة، الابتعاد عن الأثاث المنزلي الثقيل، الذي قد يسقط أو يتحرك من مكانه، براد، غسالة، الابتعاد عن النوافذ الزجاجية).

3 ـ يجب عدم الخروج من البناء، بل محاولة الاختباء في البناء نفسه، وذلك لأن الخروج من البناء يعرض الشخص للشظايا الزجاجية، والكتل الساقطة من المبنى، أو المباني المجاورة.

4 ـ في حالة وجود الشخص في مبنى عالي متعدد الطوابق يجب عدم الإسراع إلى المصعد أو الدرج، لأنه سيكون إما معطلاً، أو مكتظاً بالناس، لذلك من الأفضل محاولة الاختباء في الشقة نفسها، وعدم مغادرتها إلى حين انتهاء الزلزال.

5 ـ عدم الخوف في حالة انقطاع التيار الكهربائي، أو سماع صفارات الانذار، أو صفارات الحريق، أو اهتزاز الجدران، أو سقوط الأثاث المعلق، أو تكسير الصحون وأغراض المطبخ، مع محاولة الحفاظ على الهدوء التام ورباطة الجأش.

6 ـ في حالة كون البناء الذي تسكنون غير متين القواعد، وقابل للصداع يجب الخروج منه بشكل سريع وبحذر شديد.

7 ـ في حالة المرور بجانب بناء ضخم يجب الحذر من سقوط بعض جدران المبنى، أو أي شيء من الأعلى.

8 ـ في حالة وجودكم في الشارع يجب الاتجاه إلى أي ساحة عامة، أو حديقة بعيداً عن الأبنية، أو خطوط التيار الكهربائي.

9 ـ إذا كنتم تستقلون سيارة أو باص يجب التوقف بعيداً عن الأبنية المحتملة السقوط أو الجسور، كما يجب البقاء في السيارة إلى حين انتهاء الزلزال.

10 ـ لا تندهشوا إذا ما وقعت هزات أرضية متتابعة، وذلك لأن الهزات تتألف من موجات طولية وعرضية (S,P)، وتوقعوا حدوث هزات أخرى متتابعة بفارق زمني يبلغ عدة دقائق، أو عدة ساعات، أو حتى عدة أيام، حيث تقوم هذه الهزات بالحاق أضرار كبيرة في الأبنية، التي تعرضت للهزة الأولى القوية.

ج) ـ التعليمات الواجب اتباعها بعد انتهاء الزلزال:

بعد انتهاء الزلزال، عادة ما ينتج عنه خسائر مادية وبشرية قد تكون كبيرة، وقد يصاب الكثير من السكان بجروح خطيرة إلى متوسطة تستدعي معالجتها بسرعة كبيرة، لذلك يجب التصرف بسرعة وبشكل منظم لمساعدة الآخرين، أو لاطفاء الحرائق، وغيرها من الحوادث.

1 ـ المحافظة على الهدوء، ومحاولة تقييم الوضع.

2 ـ يجب مساعدة المصابين، حسب حالة إصابتهم ودرجة الخطورة، وإجراء الاسعافات الأولية والاتصال بوحدات الاسعاف السريع، ومحاولة تغطية الجرحى لكي لا يموتون من البرد أو شدة الحرّ.

3 ـ التأكد من عدم وجود حرائق، وفي حالة وجودها الاسراع إلى إخمادها.

4 ـ الاسراع إلى إغلاق أنبوبة الغاز، وقطع التيار الكهربائي، والماء، واطفاء المواقد.

5 ـ عدم اشعال النار، أو أجهزة التدفئة المركزية، أو الكهربائية قبل التأكد من عدم وجود تسرب الغاز أو المواد القابلة للاشتعال.

6 ـ عدم لمس أسلاك التيار الكهربائي المكشوفة، أو أي شيء متصل معها.

7 ـ عدم استخدام التليفون إلاّ للأمور الضرورية (حريق، حالة اسعاف خطرة)، وذلك لعدم ارباك أجهزة الطوارىء والاسعاف.

8 ـ عدم الاسراع في تفقد المدينة، أو النظر إلى الأماكن المهدمة، والسير على الطرقات والجسور المنهارة، وعدم الاقتراب من الشواطىء، وذلك لتجنب أخطار الأعاصير البحرية المرافقة للزلازل.

9 ـ يجب أن تكون الأحذية المستعملة قوية ومتينة لكي تقي من شظايا قطع الزجاج والأدوات الحادة الملقاة على أرض المنازل والطرقات.

10 ـ إبعاد المواد القابلة للاشتعال (غاز، مازوت، كاز، مواد كيماوية) عن النوافذ، وتحذير الآخرين من خطر الحريق.

11 ـ الاستماع إلى الاذاعة ومكبرات الصوت والتقيد بالتعليمات، التي تصدرها الجهات المختصة والعاملون في جهاز الطوارىء.

12 ـ الاستعداد التام لوقوع هزات جديدة.

13 ـ عدم الدخول إلى الأبنية المهدمة أو القابلة للسقوط إذا كان لا بد من دخولها فيجب دخولها بحذر شديد خوفا من تسرب الغاز، أو أسلاك الكهرباء المكشوفة، أو قطع الزجاج.

14 ـ في حالة قطع التيار الكهربائي، يجب تناول المواد الغذائية الموجودة في البراد، والتي يتوقع فسادها، وترك المعلبات والمواد المحفوظة إلى وقت لاحق، ريثما تصل المساعدات الغذائية.

15 ـ عدم استخدام المواقد، والطباخ الغازي والكهربائي قبل التأكد من سلامتها، وصلاحيتها للعمل.

16 ـ فتح أبواب الخزائن ببطىء خوفاً من سقوط أشياء ثقيلة منها.

17 ـ محاولة تهدئة الأطفال ومساعدة الناس الذين تعرضوا لصدمة نفسية من جراء حدوث الزلزال.

18 ـ وبعد الانتهاء من تدبير أمور المنزل يجب محاولة مساعدة الجيران والأقارب، وتفقد أحوالهم فقد يكونوا بحاجة للمساعدة، وقد يكونوا جرحى، أو محاصرين تحت الانقاض.

19 ـ يجب مساعدة رجال الاسعاف والمطافىء والطوارىء، والشرطة، والتعاون معهم في عملية إخلاء الجرحى وإزالة أثار الزلزال.

وفي الختام لا بد من التنويه إلى أنه من الطبيعي أن تترافق هذه الزلازل مع خسائر مادية وبشرية كبيرة، ولكننا باتباع التعليمات سابقة الذكر وتنفيذها بحرفيتها، قد يخفّف من هذه الخسائر، وخاصة البشرية منها.

الفصل الثامن

البناء والزلازل

تتجلى مهمة المهندسين المدنيين والمعماريين في بناء وتصميم الأبنية القوية الجميلة المقاومة لتأثير الزلازل، وذلك في محاولة لتقليل نسبة الخسائر البشرية والمادية أثناء وقوع الزلازل، حيث يجب أن تتحمل هذه الأبنية أقوى وأعنف الهزات الأرضية دون أن تنهار. وبشكل عام تكون الخسائر البشرية والمادية في المدن، حيث الكثافة السكانية العالية، أما في المناطق الريفية والزراعية فتكون الخسائر أقل ما يمكن.

1 ـ تحديد خطر الزلازل:

يتم تحديد خطر الزلازل في منطقة ما بشكل أساسي من معرفة شدة الزلازل، التي حدثت في المنطقة ومدى تكرارها، وكذلك بالظروف الجيولوجية للمنطقة. وكلما كانت المعلومات عن تاريخ الزلازل وعددها، وشدتها دقيقة كلما تمكنا من تحديد نسبة خطر الزلازل في المنطقة المدروسة.

في الصين مثلاً يعود تاريخ الزلازل والنشاطات الزلزالية إلى (2000 سنة)، بينما في أمريكا فيعود تاريخ النشاطات الزلزالية إلى (200 ـ 300 سنة). لا يمكننا التنبؤ بحدوث الزلازل القوية بشكل دقيق، وخاصة عندما تكون الفترة الزمنية لمراقبة النشاطات الزلزالية قصيرة، بالإضافة إلى كون الزلازل القوية تحدث خلال فترات زمنية متباعدة.

بالإضافة إلى دور الاحصاءات التاريخية للزلازل في التنبؤ بحدوث الزلازل، تلعب البنية الجيولوجية للمنطقة المدروسة دوراً كبيراً في التنبؤ بالزلازل. وعلى

سبيل المثال ان وجود شقوق في الصفيحة التكتونية في مقاطعة كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأميركية، يدل على أن المنطقة تعرضت وسوف تتعرض في المستقبل للنشاطات الزلزالية، أي أنها مهيئة من حيث البنية الجيولوجية لاستقبال الزلازل. وبشكل عام ولتجنب خطر الزلازل وتأثيرها على المنشآت يجب وضع خزائن زلزالية لكل منطقة، بحيث يتم تحديد المناطق الخطرة والأكثر تعرضا، للزلازل، وذلك لكي يتمكن المهندسون من استخدامها.

2 ـ محاولة تقليل الخسائر:

قد لا نستطيع تقليل نسبة الخطر الزلزالي لمنطقة ما، ولكننا نستطيع تقليل نسبة الخسائر، وذلك عن طريق التخطيط المسبق ومعرفة نسبة الخطر، وبنية المنطقة الجيولوجية، ومدى تعرضها للزلازل، وبالتالي تصميم الأبنية المناسبة، واستخدام مواد البناء الجيدة، التي تتحمل أعنف الهزات الأرضية، وكذلك عن طريق تدعيم الأبنية القديمة، ذات القواعد والأساسات الضعيفة وترميمها لكي تقاوم الزلازل.

وبشكل عام لتقليل حجم الخسائر البشرية والمادية أثناء الزلازل لا بد من تحقيق عدد من الأمور نذكر منها ما يلي:

1) ـ يجب إنشاء المباني والمنشآت، بحيث تكون قادرة على مقاومة الزلازل.

2) ـ ترميم وتدعيم المباني الأثرية الضعيفة الأساسات.

3) ـ يجب أثناء البناء مراعاة القواعد والأنظمة الكفيلة بعدم سقوط الأبنية خلال الزلازل.

4) ـ توفير أماكن الاسعاف السريع في حالة وقوع الزلازل، والتحضير بشكل دائم للكوارث الزلزالية.

5) ـ تدريب وتمرين السكان على التعامل مع الزلازل.

6) ـ تنبيه وتحذير المواطنين وبشكل مسبق لامكانية حدوث الزلازل.

3 ـ دور المنشآت المتينة في مقاومة الزلازل:

تظهر أهمية المنشآت الجيدة المقاومة لفعل الزلازل التخريبي، إذا ما قمنا بإجراء مقارنة بين الدمار الناتج عن زلزالين بنفس الشدة، ولنأخذ على سبيل المثال الزلزال الذي ضرب سان فرناندو عام 1971، حيث بلغت شدته (6,6)، والزلزال الذي ضرب نيكاراغوا عام 1972 بشدة (6,2)، وقد حدث الزلزالين في وقت كان فيه غالبية السكان متواجدين في المنازل، ويقطن في كل منطقة حوالي مليون شخص.

أما الاختلاف الرئيسي بين الزلزالين فيكمن في كون زلزال سان فرناندو قد ضرب منطقة مبانيها حديثة وقوية صممت خصيصاً لتقاوم تأثير فعل الزلازل التخريبي، أما في نيكاراغو فقد ضرب الزلزال منطقة مبانيها قديمة وغير مصممة لتقاوم الزلازل.

لقد أدى هذا الاختلاف الرئيسي بين الزلزالين إلى تباين في حجم الخسائر البشرية والمادية. حيث توفي في زلزال سان فرناندو حوالي (58 شخص) وبلغت الخسائر المادية حوالي (550 مليون دولار)، أما في نيكاراغوا فقد توفي حوالي 5 آلاف شخص)، وقد بلغت الخسائر المادية أضعاف خسائر زلزال سان فرناندو، وتطلب إعادة إعمار العاصمة وتعويض الخسائر عدة سنوات.

كما يظهر دور المنشآت الحديثة والمخصصة لتقاوم فعل الزلازل التخريبي في نتائج زلزال تانشان (الصين) عام 1976، حيث قام الزلزال بتدمير كامل المدينة وقتل حوالي (240 ألف شخص)، وذلك لعدم مراعاة القواعد والقوانين أثناء إنشاء المباني.

4 ـ السيسمولوجيا الهندسية ومتانة الأبنية:

لقد تجمع لدينا خلال السنوات الماضية الكثير من المعطيات عن الزلازل وفعلها التخريبي، حيث يعطينا كل زلزال معلومات حقيقية وحديثة يستخدمها مهندسو البناء لتطوير المباني وزيادة متانتها، ومقاومتها للهزات الأرضية. وعادة ما

يتوجب على مهندسي البناء في المناطق التي تكثر فيها النشاطات الزلزالية أن يعرفوا نوعية وميكانيك التربة، ونوعية الصخور المتواجدة في المنطقة، وطبيعة مواد البناء المتوفرة، ومدى ملاءمتها للبناء ومطابقتها للمواصفات العالمية.

وكما يتوجب على المهندسين أن يعرفوا آلية حدوث الزلازل، وطبيعة الحركات الأرضية المرافقة للزلازل (حركات عمودية، أفقية، مائلة)، وكذلك كيفية تأثير هذه الحركات على المباني والمنشآت المختلفة (أبنية سكنية، سدود، جسور، محطات توليد الطاقة الكهربائية).

يعتبر الهدف الأساسي لمهندسي البناء هو محاولة التقليل من الأضرار، والتي تصيب المباني والمنشآت المختلفة، أثناء حدوث الهزات الأرضية، وبالتالي تخفيض نسبة الخسائر البشرية إلى حدها الأدنى.

أما العائق الأساسي أمام إنشاء المباني، ذات المقاومة العالية للزلازل، فهو العامل الاقتصادي، حيث يتطلب تجهيز الأبنية لتقاوم الزلازل الأموال الطائلة، لذلك نرى أنه حتى الدول الغنية لا تستطيع أن تنشىء المباني، ذات المواصفات والمميزات الفنية الجيدة، بحيث تكون قادرة على تحمل أعنف الزلازل شدة، دون أن تتضرر.

وبشكل عام يجب أن تحقق المباني ما يلي: في حالة كون شدة الزلزال أقل من (5,5) يجب أن لا تتأثر المباني، أو على الأقل يلحقها بعض الضرر، أما في حالة كون شدة الزلزال قوية (أكثر من 7)، يجب على الأبنية أن تحافظ على حياة الساكنين ولا تنهدم كلياً.

أما مباني الاطفاء والاسعافات الأولية، والشرطة، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية (الحرارية والنووية)، السدود وغيرها من المباني الهامة فجيب أن تحافظ على متانتها دون أن يلحق بها أي ضرر، وفي هذه الحالة يجب أن تبنى هذه المنشآت وفق قواعد البناء السليمة، ويجب تطبيق الأنظمة حرفياً دون أي تساهل.

5 ـ إنشاء المباني:

عند إنشاء الأبنية على مختلف أنواعها لا بد من الاهتمام بشيئين أساسيين: أولاً الشكل الخارجي للبناء وطرازه المعماري، ثانياً أساسات وهيكل البناء ومتانته. ولتحقيق هذين الهدفين لا بد من تعاون وثيق بين المهندس المدني والمهندس المعماري ومهندس الخدمات العامة.

ويتوجب على المهندس قبل البدء في إنشاء المباني إجراء دراسات ميكانيك التربة، وكذلك التعرف على طبيعة الصخور وعلى البنية الجيولوجية للمنطقة، وما إذا كانت المنطقة تقع ضمن حزام النشاط الزلزالي، بالإضافة إلى نوعية الزلازل، التي يمكن أن تحدث في المستقبل، وبمعنى آخر يجب على المهندس القيام بمسح جيولوجي ـ زلزالي اشمل للمنطقة المراد البناء عليها، ومن ثم البدء بعملية البناء، حيث يجب أيضاً مراعاة القواعد الصحيحة في إنشاء القواعد والأساسات التي سوف تحمل البناء، وكل الثقل الناتج عن مواد البناء والأثاث والتجهيزات المنزلية الأخرى.

يعود السبب الأساسي لتهدم المباني والمنشآت أثناء وقوع الهزات الأرضية إلى كون أرضية البناء تتحرك باتجاه معين بينما يتحرك البناء في الاتجاه المعاكس وبحركة عشوائية غير منتظمة. وعادة ما تتحرك أرضية البناء بثلاث اتجاهات متعامدة ومتكررة، وكذلك الحركة العكسية. علماً أنه لكل زلزال حركاته الأرضية المميزة له، والتي لا تشبه حركة أي زلزال آخر. ومن هنا تظهر صعوبة تحديد طبيعة الحركات الأرضية والقوى الاهتزازية التي سوف تؤثر على هذا البناء.

هنالك عدة عوامل تساعد في إنشاء المباني المقاومة لفعل الزلازل التخريبي، ولعل شكل المبنى وهيكله العام، وانتظام المبنى وتناظر أجزائه، حيث تكون الأبنية المصممة على شكل علبة جدرانها عمودية، أكثر مقاومة من الأبنية المصممة على شكل حرف L أو TT)، أي تملك الأبنية أجنحة وأطراف، لأن الأبنية، ذات الأشكال غير المنتظمة تدور أثناء وقوع الهزات الأرضية، وبالتالي يلحق بها أضرار كثيرة لتعرضها لقوى شد دورانية تقوم بتهديم الأطراف والأجنحة البارزة.

وبشكل عام كلما قل عدد المنافذ والمداخل في البناء، كلما انخفضت نسبة الأضرار، التي تصيبه أثناء وقوع الزلازل. وعموماً يجب أن تتصل جميع الأعمدة مع بعضها البعض من القاعدة إلى القمة، وبدون أي انقطاع، أو تغيير في مواد البناء المستخدمة، وكذلك الجدران الحاملة يجب أن تستمر من القاعدة إلى ذروة البناء دون انقطاع وأي مخالفة تؤدي إلى الحاق أضرار بالغة بالمبنى أثناء وقوع الهزات الأرضية.

أما العامل الآخر المهم والواجب أن يتوفر في البناء فهو عامل المرونة في البناء والمواد المستخدمة في البناء. والمرونة هي قدرة الجسم على الانحناء تحت تأثير قوى خارجية، والعودة إلى شكله الأصلي بعد زوال هذه القوى دون أن ينكسر.

يعتبر الفولاذ من المعادن، ذات المرونة العالية (على عكس ما يتصور البعض)، حيث بإمكانه الالتواء والالتفاف لأكثر من دورة قبل أن ينكسر، في حالة تعرضه لقوى شد أو لف، لذلك يفضل استخدام الفولاذ في الأبنية، حيث بينت التجارب العملية أن الأبنية المبنية من الفولاذ لا تتعرض للانهيار الكلي.

أما العامل الأهم والواجب توفره في البناء، لكي يقاوم تأثير الهزات الأرضية فهو ضرورة وصل أجزاء البناء مع بعضها البعض وبشكل جيد، حيث يجب وصل كافة أجزاء البناء في المداخل، والممرات، والمطابخ، والأعمدة والجدران مع بعضها البعض وبشكل محكم ومغلق، مما يساعد على عدم انهيار هذه الأجزاء الضعيفة، وبالتالي يحافظ المبنى على تماسكه وصلابته.

كما يجب تطبيق هذه القاعدة على المنشآت الأخرى كالجسور، حيث يجب تثبيت جسم الجسر الخارجي بالقواعد والأعمدة بشكل جيد، لكي لا ينزلق جسم الجسر بفعل الهزات الأرضية.

6 ـ أنظمة وقواعد البناء المقاوم للزلازل:

تعتبر الأنظمة والقواعد الصارمة الناظم الوحيد لعمليات البناء المتين في

المدن والقرى، الذي يحدد أسلوب وطريقة البناء، ونوعية المواد المستعملة ومقاديرها، والشروط الواجب توفرها في البناء الجيد والمتين، علماً أن كل الأنظمة والقواعد لا يمكنها أن تحقق (100٪) من شروط الأمان.

وكثيرة هي الحوادث التي تم فيها تهديم مباني حديثة صممت خصيصاً كي تقاوم الفعل التخريبي للزلازل. مثل تهديم مشفى البفيو بالقرب من سان فرناندو عام 1971، ويعود ذلك إلى أن القوانين تضمن الحد الأدنى من الأمان، ولا يمكنها توقع كل ما سوف يحدث.

ويعتبر المهندس هو المسؤول عن قدرة البناء على الصمود في وجه الزلازل. فعندما يتوفر المهندس المختص الخبير والمجهز بكافة الأجهزة والمعطيات، قد لا نحتاج لقواعد وقوانين لتنظيم عمله. كما وتقع مسؤولية مراقبة تطبيق الأنظمة وقواعد البناء السليم على عاتق مجالس البلديات، والمنظمات الشعبية والحكومية المختصة، فعندما تتظافر الجهود يمكننا إنشاء البناء الجيد والمتين.

وهنا لا بد من التذكير بضرورة إعادة ترميم وتقوية المباني القديمة وتدعيمها لاستقبال الزلازل، وذلك بشكل دوري، لأن هذه الأبنية القديمة تكون معرضة أكثر من غيرها للانهيار وتحت تأثير الزلازل حتى ولو كانت ذات شدة ضعيفة. لذلك يجب إعادة وصل الجدران مع بعضها البعض بشكل جيد، ومن ثم وصلها جميعاً مع السقف بحيث تصبح الجدران والسقف قطعة واحدة غير قابلة للانفصال. عادة ما تستخدم عملية الترميم هذه للأبنية القديمة، ذات الأهمية التاريخية والحضارية البالغة الأهمية.

هنالك مجموعة من الأبنية والمنشآت التي يشكل تهدمها أثناء وقوع الزلازل خطراً كبيراً وشاملاً، ونذكر من هذه المنشآت السدود، التي يؤدي انهيارها إلى إغراق المدن والقرى والمزارع المجاورة والواقعة على طول النهر.

ونذكر أيضا من المنشآت الخطرة معامل المواد الكيميائية، التي قد يسبب تهدمها انطلاق كميات كبيرة من الغازات قد تؤدي إلى تلوث المنطقة كاملة

والقضاء على السكان. ولا ننسى أيضاً المصافي ومعامل تكرير النفط، ومعامل تعبئة الغاز، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية والمحطات النووية، حيث قد يؤدي تهدم هذه المنشآت إلى تدمير شامل لهذه المنطقة قد يفوق الخسائر، التي تحدثها الزلازل بعشرات المرات.

عادة ما تتطلب إقامة محطة توليد كهربائية تعمل بالطاقة النووية إجراء الكثير من الدراسات السيسمولوجية، والمسح الجيولوجي الشامل، والبحث عن أماكن الضعف في القشرة الأرضية، واحتمال حدوث الزلازل في المنطقة بالإضافة إلى دراسة تاريخية زلزالية للمنطقة لتبين حدوث الزلازل في الأزمنة الغابرة القريبة والبعيدة.

أما السدود فيجب الاعتناء بها وحمايتها من أخطار الزلازل، وهذا يتطلب تجميع الكثير من المعطيات النظرية والعملية لاستخدامها في عملية تدعيم جسم السد وقواعده وأساساته، لتجنب عملية الانهيار.

في حالة السدود الترابية يجب محاولة خفض ضغط الماء الموجود في المسامات الصخرية في قاعدة السد، لأن ازدياد قيمة ضغط الماء المسامي يؤدي إلى انخفاض متانة جسم السد، وبالتالي انهياره.

وعادة ما تزداد قيمة ضغط الماء المسامي أثناء حدوث الزلازل، وهذا ما حدث تقريباً لسد فان ـ نورمان عام 1971، حيث أدى الزلزال إلى ظهور الشقوق في قاعدة وجسم السد، مما زاد قيمة الضغط المائي في المسامات والشقوق، وأدى ألى انهيار السد.

أما السدود المبنية من البيتون المسلح فتتميز بمتانتها العالية وبمقاومتها لفعل الزلازل التخريبي، وكذلك بكلفتها العالية، بالمقارنة مع السدود الترابية، لذلك تبنى السدود البيتونية فقط في المناطق الضيقة، حيث لا يتطلب بناء السد الكثير من مواد البناء، وعلى الأنهار ذات الغزارة الكبيرة، حيث لا تستطيع السدود الترابية الصمود في وجه قوة دفع المياه، مثل سد بانفيل على نهر كولومبيا.

7 ـ أهم الكوارث الزلزالية المعاصرة:

يعتبر الزلزال، الذي ضرب مدينة تانشان الصينية في الصباح الباكر من يوم 28/7/1976م، من أهم الكوارث الزلزالية في العصر الحديث، حيث أدى إلى مقتل (243 ألف شخص)، وقد بلغت شدة الزلزال (7,8) وقام بتحويل المدينة إلى بقايا وأنقاض، وهدم المنازل، والجسور، والطرق والسكك الحديدية، والمستشفيات، والمعامل، حيث بلغت قيمة الخسائر المادية حوالي مليارين من الدولارات.

كما شعر سكان المدن المجاورة (بكين وتيانتسيزن) والأماكن التي تبعد حوالي (800 كلم) عن مركز الهزة. أما الهزات الارتدادية اللاحقة للزلزال الأول، فقد حدثت في نفس اليوم في الساعة (18,45) وبلغت شدتها (7,1)، وأدت إلى تهديم ما تبقى من أبنية لم يهدمها الزلزال الأول.

ويعود هذا الدمار الشامل للمدينة لكون الأبنية لم تكن مصممة خصيصاً لتقاوم الفعل التخريبي للزلازل، ولكون المواد المستخدمة في البناء غير مطابقة للمواصفات الفنية العالمية، ولعدم ربط الجدران مع السقف.

ونتيجة لتهدم المستشفيات الأربعة في المدينة كان لا بد من نقل الجرحى والمصابين إلى المدن المجاورة، حيث تدخل الجيش وقام بعمليات الاخلاء والاسعافات الأولية، ومما عقد عمليات الاخلاء كون الطرق في المدينة معطلة وغير صالحة للاستخدام.

ومما زاد الموقف تعقيدا وسوءاً انقطاع مياه الشرب ولمدة عشرة أيام متوالية، حيث اضطرت صهاريج الماء العسكرية إلى نقل الماء من المدن القريبة مثل بكين وييانتسيزن.

أما في الوقت اللاحق لانتهاء الزلزال تم إعادة بناء المدينة كلياً وبشكل عصري وحديث، حيث تمت مراعاة كافة القواعد والأنظمة، التي تجعل الأبنية أكثر مقاومة للفعل التخريبي للزلازل.

الجزء الثالث

- تلوث الهواء وكارثة الأوزون
- خطر الانفجار السكاني

الفصل التاسع

تلوث الهواء وكارثة الأوزون

لم يكن الهواء، الذي نتنفسه نقياً ونظيفاً تماماً في يوم من الأيام وذلك لأن الهواء دائماً يحتوي على الأتربة والغبار، وذرات المعادن والأملاح المعدنية، التي يحملها بخار الماء أثناء تبخره من المحيطات، وكذلك الغازات الفاسدة، التي تنطلق عند تفسخ بقايا النباتات والحيوانات، بالإضافة إلى الغازات البركانية، والرماد والرمل البركاني، التي تنطلق قبل وأثناء الاندفاعات البركانية، وكذلك الغبار الكوني القادم من الفضاء الخارجي.

ولكن الأرض في الأزمنة الماضية تمكنت من المحافظة على جو الأرض نظيفاً إلى حد ما، واستمرار التوازن البيئي بشكل معقول، حيث يقوم المطر والثلوج بغسل الجو من المواد الملوّثة، كما تقوم الرياح بتبديد الغازات السامة، المتمركزة في منطقة ما، وبالتالي تنقص كثافتها، وتبعثرها مقللة بذلك من خطرها، كما ساعدت الأشجار والنباتات في عملية تنقية الجو وتلطيفه عن طريق امتصاص غاز ثاني أوكسيد الكربون السام، وإطلاق الأوكسجين.

لقد كانت الأرض قادرة على حماية نفسها من الخطر، والمحافظة على التوازن البيئي، أما الآن، وبعد قيام الثورة الصناعية وزيادة عدد السكان بشكل كبير، وتزايد عدد المصانع والمعامل، ومصافي تكرير النفط، والسيارات والقطارات والطائرات، وغيرها من مصادر التلوث الكثيرة، فقد اختل هذا التوازن البيئي، ولم يعد باستطاعة الأرض وحدها أن تدافع عن نظافة الجو، وتحافظ على الهواء نقياً صالحاً للتنفس، في ظل تعدد مصادر التلوث وتنوعها وتزايد خطرها يوماً بعد يوم.

1 ـ مصادر التلوث:

تشمل الملوثات أنواع كثيرة من الغازات والجسيمات الصلبة، نذكر منها غاز ثاني أوكسيد الكبريت، أول أوكسيد الكربون، أكاسيد الأزوت، غاز الأوزون، غاز ثاني أوكسيد الكربون، الهيدروكربونات والجسيمات الدقيقة.

1) ـ غاز ثاني أوكسيد الكبريت:

يتشكل غاز ثاني أوكسيد الكبريت من احتراق البترول، أو الفحم الحجري، أو الغاز الطبيعي. ويصنف هذا الغاز الخانق ضمن الملوثات الرئيسية في المناطق الصناعية، خاصة بالقرب من محطات توليد الطاقة الكهربائية، التي تعمل على البترول، أو الفحم، أو الغاز الطبيعي، حيث تنفث محطة واحدة من هذه المحطات قرابة عدة أطنان من غاز ثاني أوكسيد الكبريت في الساعة الواحدة.

وعندما نقوم بحرق حوالي عشرة أطنان من الفحم الحجري، الغني بالكبريت يتم انطلاق حوالي طن واحد من غاز ثاني أوكسيد الكبريت في الجو، الذي يقوم بتلوث البيئة، وإذا ما استنشق الإنسان هذا الغاز يصاب بالتهاب القصبات، والسعال، والرشح، والربو، كما يسبب تهيج الجلد والعيون.

ويزداد خطر غاز ثاني أوكسيد الكبريت عندما يكون الجو رطباً، وخاصة في فترات الضباب، أو أثناء هطول الأمطار، نتيجة لاتحاد ذرات المطر مع الغاز مشكلة الماء الحامضي، الذي يقوم بإتلاف المعادن، والأحجار، والنايلون، والنباتات والأشجار والحيوان، وتقدر كمية أكاسيد الكبريت في دولة الكويت بحوالي (204 ألف طن سنوياً)، في حين تصل الكمية في أمريكا إلى (27 مليون طن سنوياً).

2) ـ غاز أول أوكسيد الكربون:

يعتبر غاز أول أوكسيد الكربون غازاً ساماً لا لون له ولا رائحة، يتشكل أثناء الاحتراق غير الكامل للوقود في السيارات وعربات النقل، التي تقذف حوالي (80٪) من غاز أول أوكسيد الكربون.

وبشكل عام لا يوجد غاز أول أوكسيد الكربون في الهواء بتركيز عالي، إلا في مراكز المدن الكبيرة المكتضة بالسيارات وخلال ساعات الازدحام عند الظهيرة وجدير بالذكر أن كمية قليلة من هذا الغاز في الهواء تسبب المرض، حتى إذا كانت نسبته أقل من (0,00001) من الهواء، وفي حالة ازدياد هذه النسبة قليلاً فقد يؤدي إلى الوفاة وذلك لكون أول أوكسيد الكربون يحل محل الأوكسيجين في كريات الدم الحمراء، مما يؤدي إلى إنقاص كمية الأوكسيجين في الجسم وفي القلب والدماغ بشكل خاص.

لقد بيّنت إحصائيات وكالة حماية البيئة الأمريكية لعام 1977، إن ما تطلقه السيارات من مواد سامة يبلغ حوالي (55٪) من مجموع الملوثات في أمريكا، حيث تبلغ كمية غاز أول أوكسيد الكربون حوالي (103 مليون طن سنوياً)، أما في دولة الكويت فتبلغ كمية غاز أول أوكسيد الكربون المنطلق سنوياً حوالي (503 ألف طن)، حيث يتركز هذا الغاز بشكل خاص في مركز مدينة الكويت وفي ضواحيها، وذلك نتيجة للازدياد غير الطبيعي في عدد السيارات.

3) ـ أكاسيد الأزوت:

تعتبر أكاسيد الأزوت من الغازات السامة، التي تسبب وفاة الإنسان، إذا ما وجدت بكميات كبيرة في الهواء. وتنتج هذه الغازات أثناء احتراق الوقود تحت درجات حرارة عالية تبلغ (560مْ)، مما يؤدي إلى احتراق الأزوت الموجود في الغلاف الجوي.

وفي البلاد النفطية تنتج أكاسيد الأزوت بشكل خاص من محطات التقطير، ومن مصافي تكرير النفط، ومن وسائل النقل المختلفة. أما في أمريكا فتتولد غازات الأزوت من عمليات التدفئة (50٪)، ومن غازات العادم (حوالي 40٪).

4) ـ غاز الأوزون:

يعتبر غاز الأوزون من الغازات السامة، وينتشر هذا الغاز في طبقة الأتموسفير، التي تقع على ارتفاع يتراوح بين (15 ـ 500 كلم) حيث يصل تركيز

الأوزون في هذه الطبقة إلى حوالي (8 بالمليون) من الهواء.

إن وجود الأوزون على هذا الارتفاع العالي وسطياً (30 كلم) عن سطح الأرض يبعد خطره وسميته عن الإنسان والنباتات، والحيوانات. يبلغ متوسط تركيز غاز الأوزون على مستوى سطح الأرض أقل من (0,07 جزء في المليون)، وذلك في الأيام، التي يكثر فيها الضباب الممزوج بالدخان، خاصة في الدول الصناعية الكبرى، مثل بريطانيا.

5) ـ غاز ثاني أوكسيد الكربون:

ينتج غاز ثاني أوكسيد الكربون عن احتراق البترول والفحم الحجري والغاز الطبيعي. يتميز هذا الغاز بكونه يسمح للأشعة الشمسية بالمرور عبر الغلاف الجوي والوصول إلى الأرض، في حين يقوم بامتصاص الأشعة الحرارية، المنطلقة من الأرض، ولا يسمح لها بالانطلاق إلى الفضاء الخارجي، وبهذا الشكل يتم الاحتفاظ بالحرارة على مقربة من سطح الأرض، مما يؤدي إلى ارتفاع كبير في درجة الحرارة على سطح الأرض، وإذا ما استمر تزايد تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون في الهواء فيمكن أن يؤدي ذلك إلى تغيرات في المناخ على سطح الأرض ككل نتيجة لتدفئة الجو الأرضي المستمرة.

لقد بدأت كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون بالازدياد التدريجي في الغلاف الجوي الأرضي في نهاية القرن الثامن عشر مع بداية الثورة الصناعية، وقد بلغت نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون في العام 1956م حوالي (2200 مليون طن). وقد تزايدت هذه النسبة بمقدار (6٪) منذ العام 1957م إلى العام 1984م، حيث قدر الوزن الإجمالي للكربون في الهواء بما يزيد عن (700 ألف مليون طن).

6) ـ الهيدروكربونات:

تنتج هذه المركبات الهيدروكربونية عن عمليات الاحتراق غير الكامل للوقود في السيارة ومصافي البترول، ومعامل إنتاج الأمونيا، وغيرها من المنشآت الصناعية.

تصل كمية المركبات الهيدروكربوناتية في أمريكا إلى حوالي (38 مليون طن سنوياً)، ينطلق منها حوالي (40٪) مع غازات العادم، اما في دولة الكويت فتبلغ كمية الهيدروكربونات إلى (116 ألف طن سنوياً) تنتج عن مصافي البترول والسيارات ووحدة إنتاج الأمونيا.

يعتبر بعض الهيدروكربونات من المركبات السامة، والتي قد تسبب الأمراض الخطيرة، وجدير بالذكر أن خطر هذه المركبات يزداد عندما تتحد مع غاز الأوزون، أو مع أكاسيد الأزوت بوجود الأشعة الشمسية.

7) ـ الجسيمات الصلبة الدقيقة:

وهي عبارة عن ذرات مجهرية دقيقة الحجم، قد تكون صلبة أو سائلة، وتبقى معلقة في الهواء لفترة طويلة، وتقوم الرياح بنقلها إلى مسافات كبيرة، اما مصادر هذه الجسيمات فهو من وسائل النقل المختلفة، ومن الفعاليات الصناعية، ومن الرماد البركاني، والحرائق، والغبار والرمال الدقيقة، التي تحملها الرياح.

بعد الاندفاعات البركانية لبركان كراكاتا على إحدى الجزر الأندونيسية في العام 1983، قام البركان بإطلاق حوالي عشرات ملايين الأطنان من الغبار البركاني، الذي انتشر حول الكرة الأرضية ووصل إلى ارتفاع (50 كلم).

لقد بيّنت الدراسات أن كمية الغبار المنطلق من المنشآت الصناعية، أو من البراكين، أو بفعل الرياح، تصل إلى حوالي (700 مليون طن سنوياً)، وتبلغ كمية الغبار المترسب في مدينة القاهرة حوالي (478 طن على الميل المربع في الشهر)، أما في الكويت فقد بلغت كمية الغبار والتراب المترسبة خلال شهر أغسطس من عام 1979م حوالي (239 طن/كلم^2)، في حين بلغ المتوسط الشهري خلال عام 1979 حوالي (90 طن/كلم2).

2 ـ أخطار تلوث الهواء:

بعد أن استعرضنا أنواع ومصادر التلوث، نرى أن الإنسان ونشاطه الاقتصادي الصناعي هو المسؤول الأول والأخير عن تلوث البيئة واختلال التوازن البيئي

الطبيعي، وبالتالي فالإنسان هو المتضرر الأول والأساسي من هذا التلوث.

هنا نجد أن على الإنسان محاولة إعادة التوازن البيئي إلى وضعه الطبيعي، وذلك عن طريق الحد من مصادر التلوث وضبط ضررها بالبيئة، وعن طريق سن القوانين الصارمة، التي تمنع إلحاق الأذى بأمنا الطبيعة ومعاقبة المخالفين، وكذلك عن طريق البحث عن مصادر جديدة للطاقة، تكون أكثر وأقل نظافة ضرراً بالبيئة، كالطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة البراكين، والبحار، والأنهار وغيرها.

أما ما يتعلق بأخطار تلوث الهواء وتأثيرها على الإنسان فهي غنية عن التعريف، ونذكر منها التهاب الأنف والربو، وأمراض الرئة المختلفة، التهاب العيون، الرشح والسعال وضيق التنفس، وأمراض القلب.

ولو عدنا إلى السجلات الإحصائية لوجدنا فيها الكثير من الكوارث الطبيعية، التي كان تلوث الهواء السبب الرئيسي فيها، فعلى سبيل المثال نذكر ما حدث في عام 1909م في جلاسكو، حيث توفي (103 شخص) نتيجة لاختلاط دخان المصانع مع الضباب.

ومن الحوادث الأكثر شهرة نذكر ما حدث في لندن في عام 1952م في الفترة ما بين (5 ـ 9 ديسمبر)، حيث توفي (4000 شخص) نتيجة تمركز الضباب والدخان الملوث فوق المدينة لمدة أربعة أيام وعدم تحركه من فوق لندن، وقد أصيب غالبية السكان بضيق التنفس، وارتفاع درجة الحرارة، وزرقة البشرة بسبب نقص الأوكسجين في الدم، والتهاب الرئة الحاد، وأمراض القلب.

وهنا لا بد من ذكر الأخطار، التي تصيب النباتات والحيوانات خاصة نتيجة هطول المطر الحمضي، الذي ينتج عن اتحاد أوكسيد الكبريت مع بخار الماء المتواجد في الجو، ويكوّن أحماض الكبريت، أو نتيجة لاتحاد أكاسيد الأزوت مع الهيدروكربونات بوجود أشعة الشمس وتشكيل غاز الأوزون السام.

وفي ختام الحديث عن تلوث الهواء نشير إلى أن مسؤولية الحفاظ على سلامة البيئة من التلوث هي مسؤولية جماعية وبنفس الوقت مسؤولية كل فرد منا

لأن خطر التلوث يهددنا جميعاً بلا تفريق، وحيث أن قدرتنا على تلويث البيئة أصبحت تفوق قدرة الطبيعة على المحافظة على توازنها البيئي بعشرات المرات، فعلينا مساعدة الطبيعة، بل مساعدة أنفسنا في التقليل من خطر التلوث.

يتم الحد من أخطار التلوث بعدة عوامل نذكر فيما يلي أهمها: وقف الصناعات الكيميائية التي تلوث البيئة، وإنشاء الأحزمة الخضراء حول المدن والمصانع، والطرقات، والمدارس، والمستشفيات، وكذلك عن طريق نشر الوعي البيئي بين المواطنين من خلال برامج الراديو، والتلفزيون، والكتب المدرسية، وكذلك من خلال إنشاء مراكز حماية البيئة، واستخدام مصادر الطاقة النظيفة.

3 ـ كارثة الأوزون:

ظهرت ملامح كارثة الأوزون إلى الوجود منذ فترة طويلة، وقد سلّطت الأضواء عليها بشكل جيد بعد زوال الخطر النووي إثر زوال الاتحاد السوفياتي. تعتبر كارثة الأوزون، الكارثة، التي سوف تقود إلى انعدام الحياة على سطح الأرض وبشكل نهائي لا رجعة فيه، خاصة إذا ما استمر الوضع البيئي بالتدهور ولعدة سنوات أخرى.

يعزى السبب الأساسي لكارثة الأوزون المتوقعة قريباً إلى النشاطات الصناعية غير المسؤولة، فهي تشبه الكوارث الطبيعية وتختلف عنها بكون الإنسان هو السبب الوحيد في إحداث هذه الكارثة، وبكونه المتضرر الرئيسي منها.

تمثّلت مشكلة الأوزون بظهور ثقب صغير في منطقة القطبين في البداية، ومن ثم أخذ هذا الثقب بالاتساع يوماً بعد يوم، وذلك نتيجة للحرق المستمر لغاز الأوزون (O_3)، بفعل تزايد درجة تلوث الهواء وسطح الأرض بشكل عام.

ومنذ عشرات السنين ما زالت المصانع والمعامل ومصافي تكرير البترول، وغيرها من المنشآت الكيماوية، تقوم بإطلاق ملايين الأطنان من الغازات والمواد السامة، مثل غاز الكبريت، غاز الكربون وحموض الكبريت، وغيرها من الغازات والحموض والمركبات المعقدة التي تقوم بتلويث الغلاف الجوي الأرضي، لدرجة

أصبح هذا الغلاف عاجزاً عن تحمل هذا الحد من التلوث، وبالتالي ظهرت الثقوب في طبقة الأوزون، المدافع الرئيسي عن الأرض، والحارس الأمين لها من خطر الإشعاعات الكونية.

يعتبر الأوزون النوع الثاني من الاوكسجين، الذي يتكون من اتحاد ثلاث ذرات من الأوكسجين (O_3)، ويتولد الأوزون من اتحاد ذرات الأوكسجين تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية، التي تؤدي إلى تفكيك جزئي أوكسجين وتشكل الأوزون حسب المعادلة التالية:

$$O+O_2 \xrightleftharpoons[\text{مثل الأزوت}]{\text{بوجود عنصر مساعد}} O_3$$

وتشير هذه المعادلة إلى أن الأوزون يتشكل ويتفكك باستمرار في الجو مع المحافظة على توازنه الديناميكي. وجدير بالذكر أن كمية إنتاج غاز الأوزون تزداد في فصلي الشتاء والربيع، حيث تبلغ قيمتها العظمى في شهر آذار.

4 ـ المركبات الكيميائية المسببة نقص الأوزون:

يوجد الكثير من المركبات الكيميائية والغازات، التي تقوم بالتفاعل مع غاز الأوزون ومن ثم تحلله إلى الشكل الذري، وسوف نذكر فيما يلي أهمها:

1) ـ الهيدروجين ومركباته:

عادة ما يقوم الهيدروجين بالتفاعل مع الأوزون ويشكل الأوكسجين وجزئي الهيدروكسيل، وذلك حسب المعادلة التالية:

$$H+O_3 \longrightarrow O_2+OH$$

أما جذر الهيدروكسيل (OH) فيتفاعل مع الأوزون ويشكل الأوكسيجين والماء، وذلك حسب المعادلة التالية:

$$OH+O_3 \longrightarrow O_2+H_2O$$

$$H_{20}+O_3 \longrightarrow 2O_2+OH$$

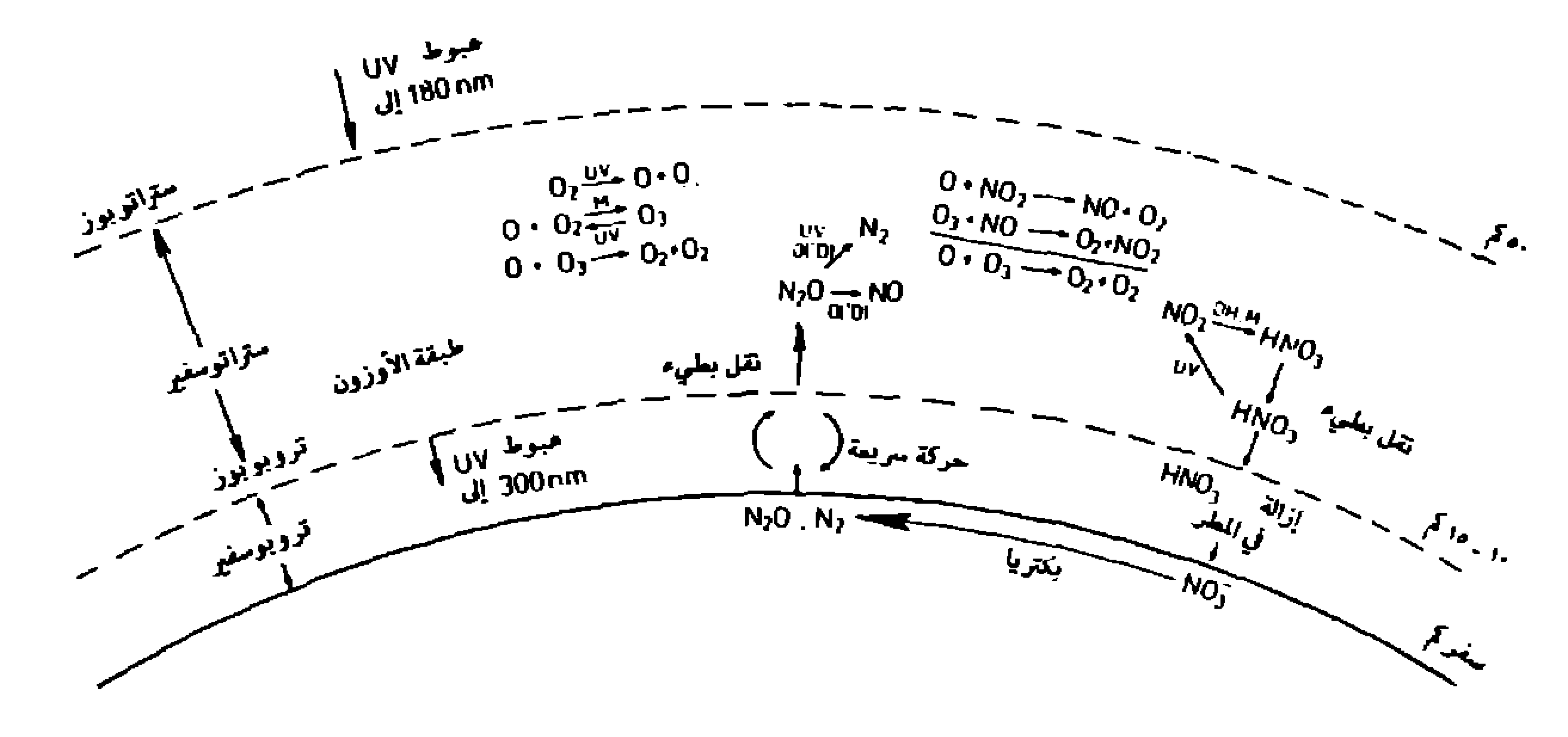
2) ـ مركبات الكلور:

تقوم المركبات الكلورية بالتفاعل مع الأوزون الجوي وتفككه إلى أول أكسيد الكلور والأوكسجين، وذلك حسب المعادلة التالية:

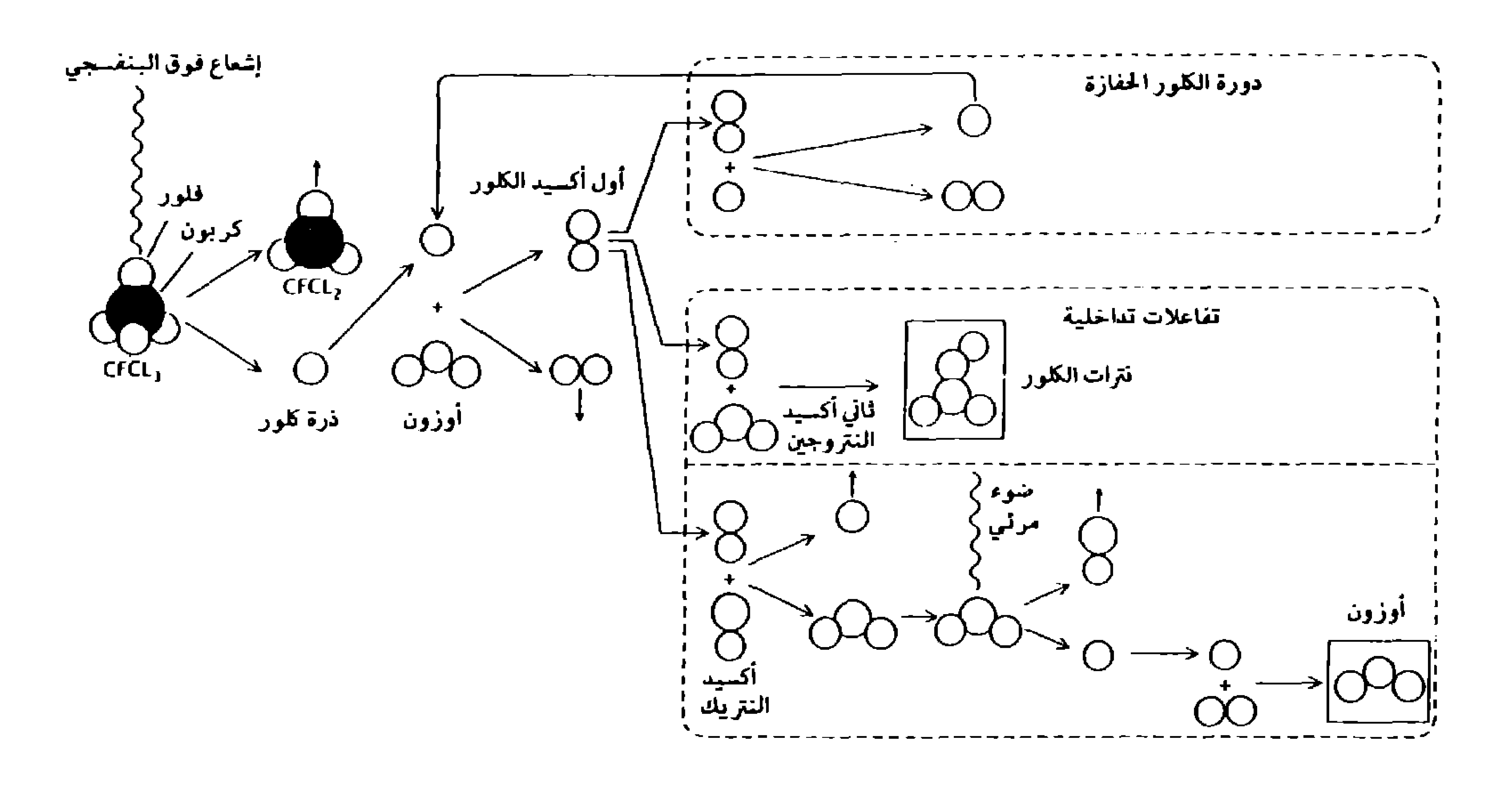
$$Cl+O_3 \longrightarrow ClO+O_2$$

3) المركبات الهالوجينية:

يعتبر الفلور أحد العناصر الهامة، التي تقوم بتدمير الأوزون.



(الشكل: 35) ـ الدورة الجوية لأكاسيد الأزوت، وفق تفاعلات شابمان.
(عن كتاب الأوزون الجوي، صفحة: 33).



(الشكل: 36) آلية التفاعلات المخربة للأوزون

الارتفاع	O_2	O_3	(O^3P)	(O^1D)
كم	($سم^3$)	($سم^3$)	($سم^3$)	($سم^3$)
10	10^{18}×1,7	10^{12}×1,2	10^{4}×1,3	–
15	10^{17}×8,1	10^{12}×1,1	10^{4}×5,5	–
20	10^{17}×3,6	10^{12}×2,9	10^{5}×9,4	$^{1-}$11×9,0
25	10^{17}×1,6	10^{12}×3,2	10^{6}×6,7	^{صفر} 10×5,0
35	10^{16}×3,5	10^{12}×2,0	10^{8}×2,4	10^{2}×1,2
40	1610×1,7	10^{12}×1,0	10^{9}×1,2	10^{2}×3,3
45	10^{15}×8,9	10^{11}×3,2	10^{9}×3,7	10^{2}×6,0
50	10^{15}×4,8	10^{11}×1,0	10^{9}×6,5	10^{2}×6,1
55	10^{10}×2,6	10^{10}×3,2	10^{9}×8,4	10^{2}×4,4
60	10^{15}×1,5	10^{9}×1,0	10^{9}×6,5	10^{2}×2,6

(الجدول: 3) ـ يبين نسبة تواجد نظائر الأوكسجين حسب الارتفاع.



(الشكل: 37) ـ التفجيرات النووية. إنفجار في نيومكسيكو.

عن طريق التفاعل معه وتشكيل أوكسيد الفلور وينطلق الأوكسجين، وذلك حسب المعادلة التالية:

$$F + O_3 \longrightarrow FO + O_2$$

وكذلك يقوم البروم بالتفاعل مع الأوزون ويشكل أوكسيد البروم، وينطلق الأوكسجين، وذلك حسب المعادلة التالية:

$$Br + O_3 \longrightarrow BrO + O_2$$

4 ـ الأزوت ومركباته:

عادة ما تقوم مركبات الأزوت بتخريب غاز الأوزون، وخاصة غاز أول أوكسيد الأزوت (NO)، الذي يتفاعل مع غاز الأوزون ويشكل غاز ثاني أوكسيد الأزوت، ويطلق الأوكسجين، وذلك حسب التفاعل التالي:

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

5 ـ الكبريت ومركباته:

يقوم الكبريت ومركباته المختلفة بتخريب غاز الأوزون، وخاصة (HS)، الذي يتفاعل مع الأوزون حسب المعادلة:

$$HS + O_3 \longrightarrow HO + SO_2 \longrightarrow H + SO_3$$

4 ـ أسباب تخريب طبقة الأوزون:

توجد عدة أسباب تؤدي إلى تخريب الأوزون، نذكر منها البراكين، التفجيرات النووية، الطائرات، الأسمدة الأزوتية، مركبات الكلوروفلوركربون.

1 ـ البراكين:

عادة ما تتألف الحاصلات البركانية الغازية من بخار الماء، وثاني أوكسيد الكربون، أول أوكسيد الكربون، الثاني أوكسيد الكبريت، كبريت الهيدروجين، الهيدروجين، النشادر، الكلور، الفلور، الميتان، الأزوت، كلور الهيدروجين.

تقوم هذه الغازات البركانية بالتفاعل مع الأوزون وتحويله إلى أوكسيجين ومركبات أوكسيجينية، ونخص بالذكر الدور التخريبي للكلور والفلور، الذين يتحدان مع الأوزون حسب المعادلتين التاليتين:

$$CL + O_3 \longrightarrow CLO + O_2$$

$$F + O_3 \longrightarrow FO + O_2$$

2 ـ التفجيرات النووية:

تساهم التفجيرات النووية بدور كبير في تخريب طبقة الأوزون، خاصة تلك التفجيرات النووية، التي تحدث في الغلاف الجوي، وما ينتج عنها من مركبات كيميائية وغازية تقوم بالاتحاد مع الأوزون وتخريبه، مثل أكاسيد الأزوت، وذلك حسب المعادلة:

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

ويتوقع القضاء على نسبة كبيرة من الأوزون (حوالي 70٪)، إذا ما نشبت الحرب النووية.

3 ـ الطائرات

تقوم الطائرات النفاثة المدنية والعسكرية (كالكونكورد والبوينغ) بتلويث الغلاف الجوي بالمواد الكيميائية مثل (ثاني أوكسيد الكربون، ثاني أوكسيد الكبريت، بخار الماء، أول أوكسيد الكربون، أوكسيد الأزوت، الهيدروكربونات).

ويقوم كلا من أول أوكسيد الكربون، وأول أوكسيد الأزوت، وثاني أوكسيد الكبريت، بالتفاعل مع الأوزون وتخريبه محوله إياه إلى جزيئات أوكسجين. وقد بينت الاحصائيات الأخيرة أن طيران (500 طائرة بوينغ) لمدة ثمان ساعات يومياً ولمدة سنة يؤدي إلى نقصان كمية الأوزون حوالي (10 ـ 20 ٪ سنوياً).

4 ـ الأسمدة الأزوتية:

ان استخدام الأسمدة الأزوتية بشكل واسع في الزراعة، حوالي (40 مليون) طن سنويا، يؤدي إلى انطلاق غاز الأزوت، خاصة أول أوكسيد الأزوت، وثلني اوكسيد الآزوت، التي تقوم بالاتحاد مع الأوزون وتخرب طبقة الأوزون.

5 ـ مركبات كلوفلوركربون:

يدخل في تركيب هذه المركبات كلا من الكلور، والفلور، والكربون وتدخل هذه المركبات في الكثير من الأجهزة الصناعية والمنزلية، كالبرادات

ومكيفات الهواء، وفي صناعات البلاستيك، وتستخدم كمنظفات، وغيرها من الاستخدامات الأخرى.

وجدير بالذكر أن أهم مركبات الكلورفلوركربون، تلك التي تستخدم في البرادات والمكيفات، وتسمى فريون ـ 11، فريون ـ 12، فريون ـ 124، ويكمن خطر هذه المركبات في كونها قد تتسرب إلى الجو أثناء عملية التصنيع، أو أثناء الاستخدام، أو بعد الاستخدام وتلف أجهزة التبريد والتكييف.

وعندما تنطلق هذه المركبات وتصل إلى طبقات الجو العليا، حيث تتفكك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية وتعطي من جديد الكلور، والفلور، والكربون، التي تتفاعل مع الأوزون، وتقوم بتخريب طبقة الأوزون، وذلك حسب التفاعل التالي:

$$CL + O_3 \longrightarrow CLO + O_2$$

$$F + O_3 \longrightarrow FO + O_2$$

بالاضافة إلى قدرة مركبات كلورفلوركربون على تخريب طبقة الأوزون، فلها الكثير من المخاطر وهي على الشكل التالي: تحتاج هذه المركبات لفترة طويلة لكي تتلاشى، تنتقل ببطيء إلى طبقات الجو العليا ومن ثم تمارس دورها في تخريب طبقة الأوزون، يلعب الكلور الناتج عن تفككها دور الوسيط في التفاعلات دون أن يتغير، بالاضافة إلى قدرة الكلور على تخريب الأوزون، حيث تقوم ذرة كلور واحدة بتخريب حوالي (100 ألف جزيئة أوزون) قبل أن تفقد نشاطها.

6 ـ تأثير النشاط الشمسي:

تقوم التغيرات الناتجة عن النشاط الشمسي، وما يرافقها من تغيرات في قيمة الثابت الشمسي، وتغير كمية الأشعة فوق البنفسجية، التي تصل إلى الجو الأرضي، بالتأثير السلبي على طبقة الأوزون، حيث بينت المعطيات أن كمية الأوزون تتغير حوالي (3٪)، بين النشاط الأعظمي والأصغري للشمس ضمن فترة

النشاط الشمسي، ويبلغ التغير الأعظمي في تركيز الأوزون حوالي (10٪)، وذلك على ارتفاع (45 كلم) من سطح الأرض.

عادة ما تؤثر التغيرات في النشاط الشمسي على طبيعة الأوزون وعلى درجة حرارة الجو الأرضي، وذلك نتيجة لتأثير الجزيئات المكهربة على ذرات الهيدروجين والأزوت، اما مصدر الأشعاع الجزيئي المكهرب فهو اما من الأشعة الكونية المجرية، أو من البروتونات الشمسية الفعالة، أو من السقوط الالكتروني النسبي، حيث تؤدي هذه المصادر إلى زيادة نسبة أول أوكسيد الأزوت، وجذر الهيدروكسيل، وبالتالي يتم تخريب طبقة الأوزون عن طريق اتحاد أوكسيد الأزوت مع غاز الأوزون.

7 ـ تأثير تيار النينو:

يخلق تيار النينو شواذات كبيرة في حركة الهواء الجوي، وتسبب شواذات مناخية غير عادية في طبقة التروبوسفير، وهذا بدوره يؤثر على كمية الأوزون، حيث تتناقص بشكل كبير كما حدث في عام 1982 ـ 1983م نتيجة لظهور تيار النينو، مما أدى إلى تشكل ثقب في طبقة الأوزون.

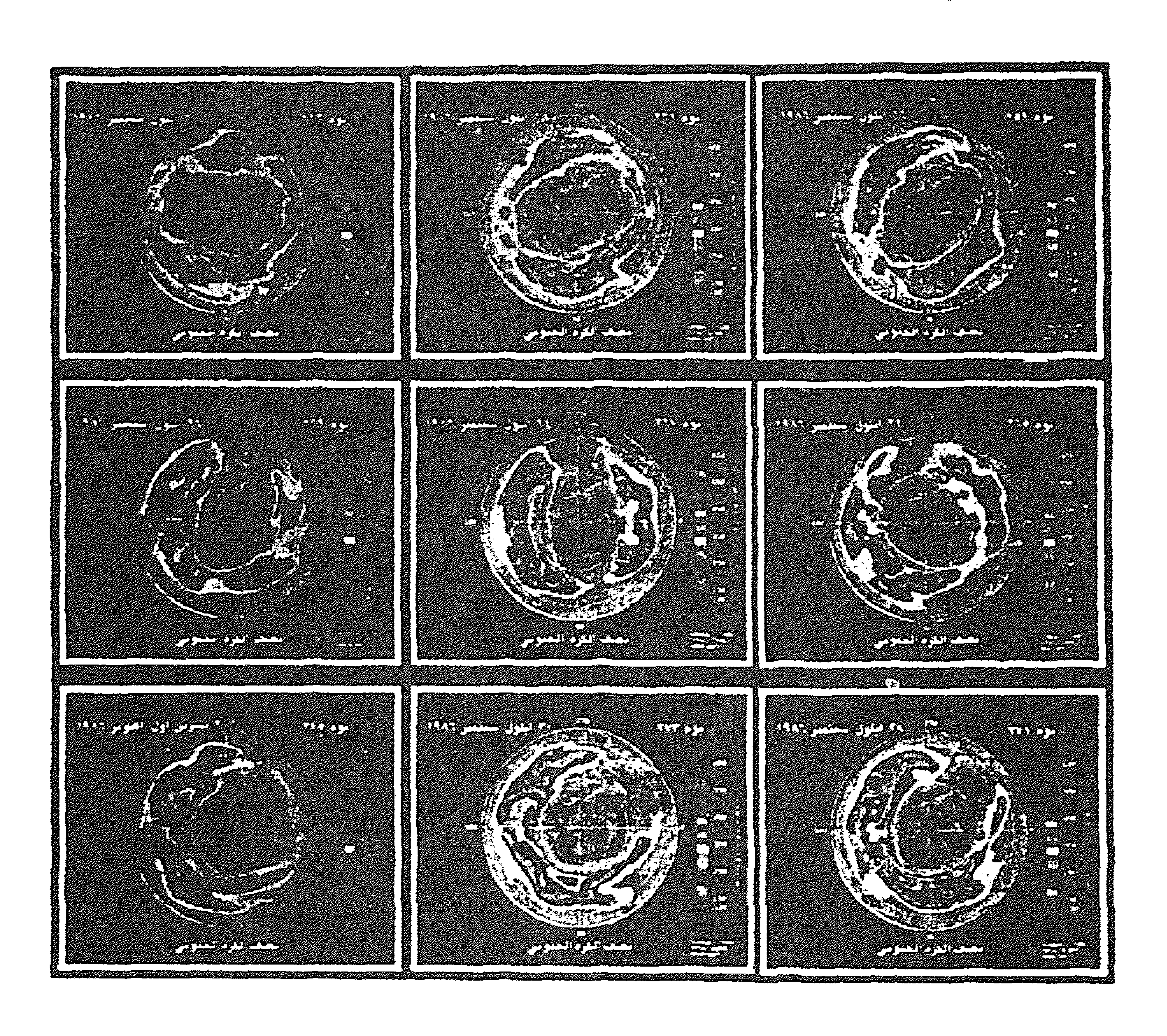
8 ـ تأثير الحركات الجوية:

يعتقد أن الحركات الجوية، أو ما يسمى بالأعصار القطبي، تلعب دورا فعالا في إعادة توزيع الأوزون، أو تخريبه، حيث يقوم الإعصار القطبي بحمل الشوائب الناتجة عن تغيرات النشاط الشمسي، أو نتيجة للمواد الكيميائية الناتجة عن الفعاليات الصناعية للانسان، من مناطق تشكلها إلى مناطق جديدة، ومن ثم يرفعها إلى طبقات الجو العليا بواسطة الحركات الطولانية والعرضانية، حيث تقوم هذه المواد الكيميائية بالتفاعل مع الأوزون، وبالتالي يزداد تركيزه في منطقة ما وينقص تركيزه عند القطب، مما يشكل ثقباً في طبقة الأوزون.

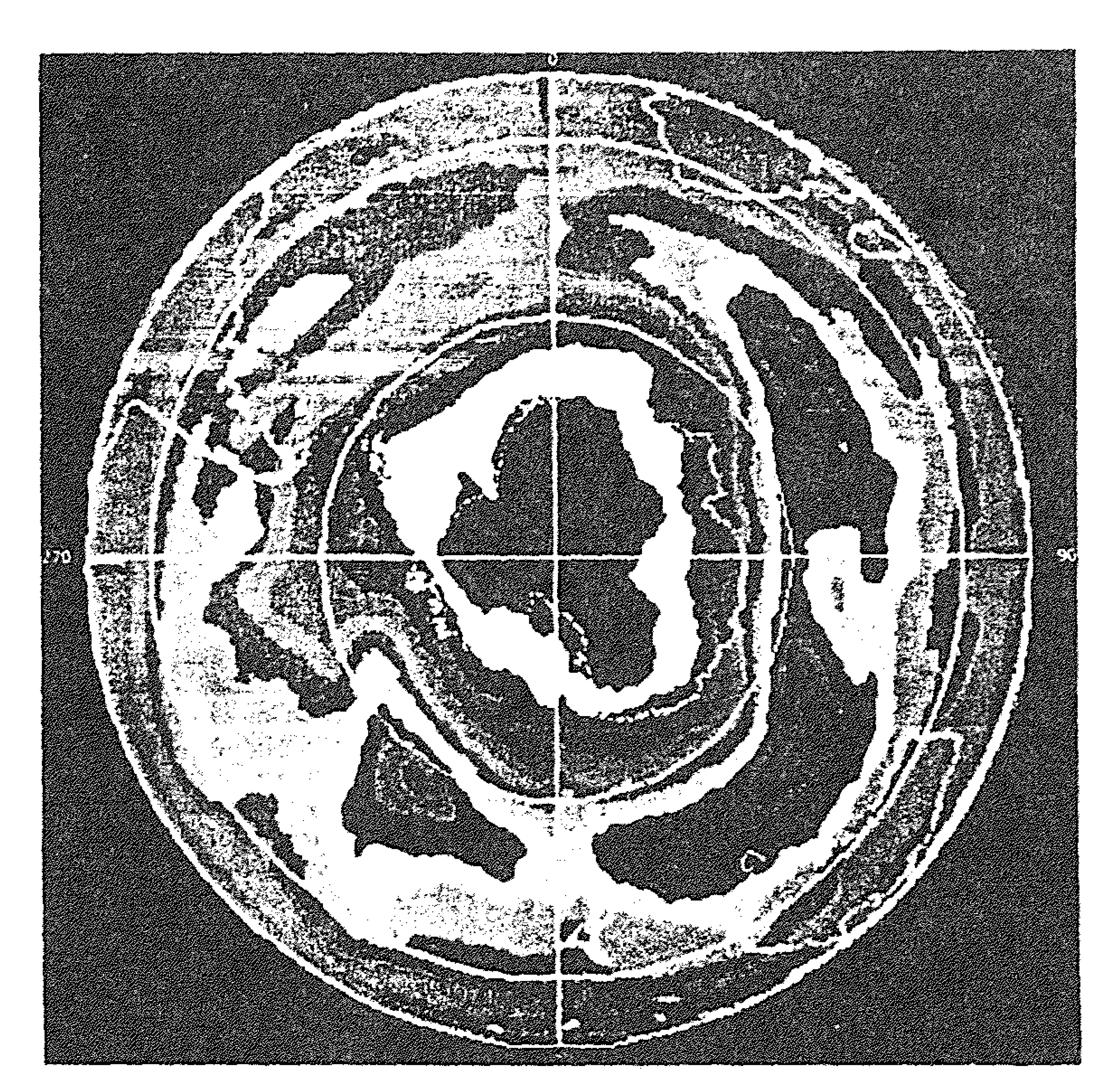
5 ـ نتائج تخريب طبقة الأوزون:

ان لتخريب طبقة الأوزون الكثير من النتائج السلبية، تؤثر على الطبيعة

وعلى الإنسان والنبات والحيوان، وفيما يلي نستعرض تأثير تخريب طبقة الأوزون بشكل مفصل:



(الشكل: 38) مجموعة من الصور تكشف عن التطورات في فجوة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية خلال فترة تمتد من 16 أيلول وحتى 2 تشرين الأول عام 1986. (عن كتاب الأوزون الجوي، صفحة: 83 و84).



(الشكل: 39) متوسط مستويات الأوزون خلال شهر تشرين الأول عام 1987.

1 ـ تأثير تخريب طبقة الأوزون على المناخ الأرضي:

ان تخريب طبقة الأوزون، التي تحمي الأرض من تأثير الأشعة الشمسية والكونية، يقود إلى تغيرات ملحوظة في المناخ الأرضي، وخاصة تغيرات في درجة الحرارة والأشعة الشمسية، التي تصل إلى سطح الأرض.

أ) تغير درجات الحرارة:

عادة ما ينعكس أي تغير في نسبة الأوزون الجوي على درجات الحرارة في طبقات الجو العليا، والطبقات القريبة من سطح الأرض، وذلك لكون نقصان كمية الأوزون يؤدي إلى ازدياد كمية الأشعة فوق البنفسجية، التي تصل إلى سطح الأرض، وتقود إلى تسخين الهواء ورفع درجة الحرارة.

فإذا ما انخفضت نسبة الأوزون حوالي (4٪) سوف ترتفع درجة الحرارة

حوالي نصف درجة، إما إذا انخفضت نسبة الأوزون إلى النصف، فسوف ترتفع درجة الحرارة حوالي درجتين. كما يساهم وجود المركبات المخربة للأوزون، مثل مركبات الكلورفلوركربون في عملية رفع درجة حرارة الجو الأرضي، وإن زيادة نسبة هذه المركبات إلى عام 2030 قد يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة حوالي (3 ـ 4 و5 درجة مئوية).

ب) الأشعاع الشمسي:

يلعب الأشعاع الشمسي دوراً كبيراً وأساسياً في تشكل الأوزون، كما تقوم طبقة الأوزون بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، والمسماة حزمة هارتلي والواقعة ضمن المجال (240 ـ 320 نانومتر)، لذلك فإن تغير نسبة الأوزون، وخاصة تناقص إلى هذه النسبة، يؤدي إلى ازدياد كمية الأشعة فوق البنفسجية الضارة، التي سوف تصل إلى سطح الأرض.

2 ـ تأثير تخريب طبقة الأوزون على الإنسان:

ان لتخريب طبقة الأوزون أثارا كبيرة وخطيرة على الانسان ومستقبله على الأرض، حيث أن طبقة الأوزون تعتبر الدرع الواقي من خطر الأشعة الشمسية القاتلة، وأن زوال هذا الدرع سوف يلحق الضرر بالانسان ويصيبه بكثير من الأمراض الخطيرة، بل ويهدد وجوده على الأرض بشكل عام.

لقد بينت الدراسات أن الأشعة فوق البنفسجية، ذات الطول الموجي (240 ـ 290 نانومتر)، قادرة على تدمير جزيئات الحياة الأساسية (DNA، RNAو والبروتينات)، وكذلك بإمكان هذه الأشعة تفكيك، أو تحطيم الصبغيات (الكروموزومات)، إلى أجزاء صغيرة جداً، وبالتالي يمكن أن تحدث تشوهات جنينية خطيرة، كما تؤدي هذه الأشعة دورا أساسيا في مرض نقص المناعة، بالإضافة إلى أمراض أخرى منها السد العيني.

وبإمكان الأشعة فوق البنفسجية، ذات الطول الموجي (280 ـ 320 نانومتر) أن تسبب السرطانات الجلدية والتحت جلدية الخبيثة، حيث تستطيع الأشعة

المرئية وتحت الحمراء أن تصل إلى الطبقات الداخلية والوسطى من الجلد وتحدث فيها السرطان ويعتقد العلماء أن الضرر، الذي تلحقه الأشعة فوق البنفسجية با (DNA)، وهو الذي يقود إلى احداث الأمراض السرطانية في جسم الإنسان.

وهنا لا بد أن نذكر إمكانية الإصابة بالسرطان، خاصة سرطان الجلد، مرتبطة مع درجة العرض، ومدى الارتفاع عن سطح البحر، ويعود ذلك إلى تزايد نسبة الأشعة الشمسية مع الارتفاع عن سطح البحر. ومن العوامل المساعدة على حدوث السرطانات الجلدية، بالإضافة إلى الأشعة فوق البنفسجية، نذكر عمر الإنسان، وجنسه، حيث يزداد احتمال إصابة الإنسان بالسرطان مع تقدم عمره.

2 ـ تأثير تخريب طبقة الأوزون على النباتات والحيوانات:

إن لتخريب طبقة الأوزون الجوي تأثيراً كبيراً على الإنسان والنبات، والحيوان والبيئة بشكل عام، حيث أن ازدياد كمية الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى سطح الأرض سوف يؤثر سلبيا على حياة النباتات وتكاثرها ونموها، منها تخريب وتغير كامل المخزون الوراثي للنباتات تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية، وهذا ما يجعل النباتات عرضة للأمراض الناجمة عن تأثير الحشرات والجراثيم.

كما أن تأثير الأشعة فوق البنفسجية على المحاصيل الزراعية الغذائية كالقمح، والأرز، والبطاطا، والفول، وغيرها، ويكون واضحا، حيث يتم نقصان كمية مردود هذه المحاصيل، أو قد يتم اتلافها كليا.

أما تأثير تزايد نسبة الأشعة فوق البنفسجية على الحيوانات فيتمثل في إصابتها بأمراض مختلفة مثل أمراض العين (سرطان العين) عند المواشي، اختفاء المراحل اليرقية للأسماك والحلزونيات، والرخويات، بالإضافة إلى موت البلاتكتون، وأنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة.

6 ـ الحفاظ على طبقة الأوزون الجوي:

لقد ذكرنا سابقا أن العوامل المؤثرة على تخريب الأوزون تقسم إلى: عوامل طبيعية (براكين، تغيرات في النشاط الشمسي، التيارات الهوائية، والأعاصير القطبية)، وعوامل بشرية يساهم الإنسان من خلال نشاطاته الصناعية في أحداثها (مركبات الكلورفلوركربون، مركبات الأزوت، مركبات الكبريت، مركبات الهيدروجين، وغيرها).

وبما أن الإنسان أعجز من أن يؤثر على العوامل الطبيعية المخربة للأوزون، فهو غير قادر على الحد من تأثيرها التخريبي، ولكنه قادر على الحد من العوامل البشرية، وذلك من خلال اتخاذ عدة خطوات، وهي على الشكل التالي:

1 ـ بامكانه الحد من استخدام مركبات الكلورفلوركربون، وأكاسيد الأزوت، غاز ثاني اوكسيد الكربون، وغاز الميتان، وغيرها من الغازات المخربة للأوزون، وعليه استبدالها بمركبات أقل خطرا على البيئة المحيطة.

2 ـ رفع درجة وعي المواطن من الناحية البيئية، ولفت انتباهه إلى حجم الأخطار الناجمة عن تخريب طبقة الأوزون، وذلك لكي يدرك كل مواطن أهمية دوره في المحافظة على هذه الطبقة، ويلتزم بتقليل كمية المواد الكيميائية، والغازات، التي تلوث الجو، ويتم كل هذا عن طريق توزيع النشرات التثقيفية البيئية على المواطنين، وعن طريق بث البرامج البيئية الخاصة في الراديو والتلفزيون.

3 ـ عدم استخدام الأسمدة الأزوتية بشكل واسع في المجالات الزراعية، ومحاولة إيجاد الأسمدة البديلة.

4 ـ متابعة الدراسة، والبحث العلمي، وذلك للتوصل إلى مدى أخطار الأشعة فوق البنفسجية وتأثيرها على الكائنات الحية من نباتات وحيوانات وكذلك تأثير المواد الكيميائية على الأوزون.

5 ـ كما يساهم في تخريب طبقة الأوزون إحراق وقطع الغابات الاستوائية

والمدارية، والتي تعتبر بمثابة رئة الكرة الأرضية، حيث تقوم الغابات باغناء الغلاف الجوي الأرضي بالأوكسجين، وتقلل من نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون.

وجدير بالذكر القول بأن كل هكتار واحد من المساحات الخضراء يطلق حوالي (13 ـ 14 طن) من الأوكسجين سنوياً، ويمتص حوالي (16 ـ 17 طن) من غاز ثاني أوكسيد الكربون سنوياً.

وبالمقابل فإن أية محطة توليد كهربائية متوسطة الاستطاعة تقذف في الجو خلال يوم واحد حوالي (100 ـ 150 طن) من غاز الكبريت ومثلها من الغبار.

وفي الختام لا بد من التذكير بأنه إذا لم تتم عملية إيقاف توسع الثقوب في طبقة الأوزون، ومحاولة ترميم هذه الطبقة، سوف تكون البشرية جمعاء على مفترق طرق، وقد تسير بخطى سريعة جدا إلى الهاوية، وذلك بسبب تعرض سطح الأرض لكميات كبيرة من الأشعة الكونية الضارة، التي سوف تقضي على النباتات، والحيوانات، والانسان، بل وكافة أشكال الحياة على الأرض، نتيجة لتغير الشروط المناخية، التي ستسود على الأرض آنذاك.

الفصل العاشر

خطر الانفجار السكاني

يعتبر الازدياد الكبير والمفاجىء في عدد سكان العالم من أهم الأخطار التي تواجهها الأرض خلال القرن القادم، ويكمن هذا الخطر في عدم إمكانية توفير المواد الغذائية، والموارد المائية الكافية لطعام وشراب الاعداد الكبيرة من البشر، الذين قد يصل عددهم إلى عشرة مليارات، بالاضافة إلى عدم إمكانية تأمين فرص العمل، والمأوى، وكذلك ما ينتج من ازدياد نسبة تلوث البيئة، وانحسار رقعة الأراضي القابلة للزراعة نظرا للتوسع الصناعي والعمراني.

1 ـ مؤشرات الانفجار السكاني:

لقد بدأت مؤشرات الانفجار السكاني بالظهور في منتصف القرن العشرين. كان عدد سكان العالم في عام 1820م حوالي المليار شخص، وفي عام 1927م بلغ عدد سكان العالم حوالي المليارين، بينما وصل عدد السكان في عام 1959 ثلاثة مليارات نسمة، وخلال خمسة عشرة سنة، أي في عام 1974 وصل عدد سكان العالم إلى أربعة مليارات نسمة، وخلال ثلاثة عشرة سنة وصل العدد إلى خمسة مليارات نسمة في العالم 1987.

يجب أن يتوقف تزايد عدد سكان العالم عند حد معين، وذلك لكي نحافظ على التوازن بين عدد السكان وبين الموارد الطبيعية والغذائية. ويعتقد أن عدد السكان في العالم سوف يتضاعف، وقد يصل إلى حوالي عشرة ملايين نسمة في نهاية القرن القادم (الجدول: 4).

تشير احصائيات الأمم المتحدة إلى أنه إذا ما تمت عملية الوصول إلى

مستوى الانتاج البسيط في عام 2010م فسوف يستقر عدد السكان في العالم على (7,7 مليار نسمة) في العام 2060م. أما إذا ما تمت السيطرة على توازن عدد السكان في العالم في العام 2035م فسوف يصل عدد السكان إلى (10,5 مليار نسمة) في العام 2095.

وإذا استقر عدد السكان في عام 2060 فسيصل عدد السكان في العام 2100 إلى (14,2 مليار نسمة). ومما سبق نستنتج ضرورة المحافظة على استقرار عدد السكان ونسبة الزيادة، ودوره في المحافظة على الحياة البشرية، ولجم التزايد السرطاني في عدد السكان في البعدين المكاني والزماني. وكلما اسرعنا في محاولة تثبيت واستقرار عدد السكان، كلما وصلنا إلى نتائج أفضل وقللنا من خطر الانفجار السكاني لذلك يجب المباشرة في وضع النقاط على الحروف ومنذ الآن.

على الرغم من أن معدلات الزيادة في عدد سكان العالم آخذة بالنقصان فما زال عدد السكان في تزايد مستمر، فمثلا في عام 1988، ازداد عدد سكان العالم حوالي (86 مليون)، وسرعان ما بلغ (90 مليون) خلال سنة واحدة، أي أن معدل الزيادة في عدد السكان يبلغ ربع مليون شخص يوميا، يتركز حوالي (90٪ من هذه الزيادة في الدول النامية من العالم الثالث حيث ستصبح نسبة سكان هذه الدول حوالي (80٪) من عدد سكان العالم في عام 2000 (الجدول: 5).

2 ـ أسباب الانفجار السكاني:

يعتبر الفقر والجهل العامل الرئيسي المحرك للانفجار السكاني، وتظهر العلاقة بين الفقر والجهل من جهة وبين الزيادة الكبيرة في عدد السكان من جهة ثانية، وذلك في المناطق الأكثر تخلفا وجهلا في العالم، فعلى سبيل المثال في أفريقيا، التي تواجه الكثير من المشكلات البيئية ـ الاقتصادية، توجد أعلى معدلات النمو السكاني، وذلك على عكس القارات الأخرى، حيث عدد السكان في أفريقيا في تزايد مستمر.

ونأخذ على سبيل المثال من الدول الأفريقية دولة غينيا، ففي غينيا يبلغ معدل النمو السكاني (4,1٪) سنوياً، حيث كان عدد سكانها في عام 1988م حوالي

(23 مليون نسمة)، ويتوقع أن يصل عدد السكان فيها إلى (46 مليون نسمة) في عام 2000. وفي إفريقيا حيث يبلغ متوسط النمو السكاني (3٪) سنوياً، يبلغ معدل النمو الصناعي حوالي (2٪) سنوياً. ونرى أن أفريقيا تدور في حلقة مفرغة من الفقر والجهل ـ زيادة معدل النمو السكان ـ واستنزاف الموارد الطبيعية.

	عدد السكان مليار نسمة			معدل النمو السنوي ٪		
	1985	2000	2025	1980 ـ 85	85 ـ 2000	2000 ـ 2025
العالم ككل	4,8	8,1	8,2	1,9	1,6	1,2
أفريقيا	0,56	0,87	1,62	2,5	3,1	2,5
أمريكا اللاتينية	0,41	0,55	0,78	2,6	2,0	1,4
آسيا	2,82	3,55	4,45	2,1	1,6	1,0
أمريكا الشمالية	0,26	0,30	0,35	1,3	0,8	0,6
أوروبا	0,49	0,51	0,52	0,7	0,3	0,1
الاتحاد السوفياتي	0,28	0,31	0,37	1,3	0,8	0,6
أوقيانوسيا	0,02	0,03	0,04	1,9	1,4	0,9

(الجدول: 4) عدد السكان ومعدل تزايد عدد سكان العالم.

إن تحسين الظروف الصحية للمواطنين في الدول المستعمرة سابقاً والمتخلفة حالياً، من تلقيح السكان ضد الأمراض المعدية والسارية، ومكافحة الأوبئة، وغيرها من أمور تحسين الغذاء والماء النظيف، قد أدت إلى تناقص عدد الوفيات في هذه الدول مع الحفاظ على معدلات عالية من الولادات، أدى إلى ظهور خلل بين معدل الزيادة السكانية في هذه الدول وبين الوضع الاجتماعي والاقتصادي.

لذلك فإن الوضع الاجتماعي ـ الاقتصادي لهذه الدول يزداد سوء يوماً بعد يوم وسنة بعد سنة، وهذا بدوره يعيق حركة نمو وتطور تلك الدول ويعقد المشكلات الاقتصادية، التي تعاني منها، بالاضافة إلى مشكلات العاطلين عن

العمل، حيث تبلغ نسبة معدل العاطلين عن العمل والقادرين عليه حوالي (ثلث السكان)، وكذلك مشكلات التعليم، والصحة، وتأمين المواد الغذائية، وحماية الموارد الطبيعية، وغيرها من المشاكل.

(الجدول: 5) معدل نمو سكان العالم إلى عام 2000

اسم البلد	1986	معدل النمو	2000	ازدياد السكان منذ 1986٪
جمهورية الصين الشعبية	1,050	1,0	1,571	+ 50
الاتحاد السوفياتي سابقا	280	0,9	377	+ 135
الولايات المتحدة الأميركية	241	0,7	289	+ 20
اليابان	121	0,7	128	+ 6
بريطانيا	56	0,2	59	+ 5
ألمانيا الغربية	61	0,2	52	- 15
كينيا	20	4,2	111	+ 455
نيجيريا	105	3,0	532	+ 406
اثيوبيا	42	2,1	204	+ 386
ايران	47	2,9	166	+ 253
باكستان	102	2,8	330	+ 223
بانغلاديش	104	2,6	310	+ 198
مصر	46	2,6	126	+ 174
المكسيك	82	2,6	199	+ 143
تركيا	48	2,5	109	+ 127
اندونيسيا	168	2,1	368	+ 119
الهند	785	2,3	1,700	+ 116
البرازيل	143	2,3	298	+ 108

وبشكل عام فالفقر لا ينقص عدد الولادات بل على العكس يقود إلى زيادة عدد الأطفال في الأسرة، لأن الأطفال هم الجزء المهم من القوى العاملة.

ان التوزع العادل للموارد الطبيعية والثروات الباطنية بين سكان الأرض يكفي لحماية ربع سكان العالم من الجوع، وليحصل سكان البلاد الفقيرة على ما يقتاتون به.

وبعد أن قام العلماء والتقدميون ورجال الدولة بدراسة خط التطور العالمي ومستقبل العالم توصلوا إلى استنتاج واحد حول عدم امكانية تحقيق التطور الاجتماعي والاقتصادي الموجه نحو الأهداف الاستهلاكية البحتة على الطريقة البرجوازية، كما توصلوا إلى قناعة تامة بأن هذا العالم لا يمكن ولا يجب أن نتخيله بلا عقل وبلا وعي كامل لمشاكله معا، فإذا أدركنا ذلك فهذا يعني إننا نعترف بضرورة تغيير موديل ونوعية الحاجات وأسلوب جديد لتطويره إلى عالم غني متحاب متفاهم متعاون.

3 ـ صحة السكان:

تعتبر الحالة الصحية للسكان العامل الأساسي، الذي يظهر مدى ازدهار وتطور المجتمع، وفي هذا المجال فإن التوجه الحاصل خلال السنوات الأخيرة يصبح أكثر تناقضا، حيث يتم تارة تحقيق بعض الانتصار على الأمراض والأوبئة، ويتم في تارة أخرى التراجع.

في الأسرة، حيث يقوم الأطفال بتحضير مستلزمات الأسرة من الحطب، ويساعدون في تحضير الأكل، وتربية الأطفال الصغار، وفي حالة ازدياد نسبة العاطلين عن العمل يستطيع الأطفال إيجاد أي عمل لأنهم يتقاضون أجور زهيدة بالمقارنة مع الكبار، وهم في نهاية المطاف المعيل الوحيد لابائهم وأمهاتهم المحرومين من الرعاية الصحية والاجتماعية.

وهكذا نجد أن الفقر هو الخطر رقم واحد، بعد خطر الحرب، الذي يهدد سكان البلاد النامية ويقود إلى خطر الانفجار السكاني. أما الفكرة القائلة بأن زيادة عدد السكان في البلاد النامية فقط يقود إلى الكثير من المشاكل الاقتصادية، ونقص في الموارد الطبيعية والغذائية، فهي ليست صحيحة تماما، حيث أن سكان البلاد المتقدمة صناعياً يستهلكون من البضائع والمنتجات الصناعية الغذائية، والوقود، وغيرها من الموارد الطبيعية، وذلك أكثر مما يستهلكه سكان البلاد النامية بحوالي (15 ـ 20) مرة.

كما بينت الدراسات أن الأمريكيين والسويديين يستهلكون من الموارد

الطبيعية بحوالي (40 مرة) أكثر من سكان الصومال، ويأكلون من اللحم ما يعادل (75 مرة) أكثر من الهنود. وقد بين أحد الصحفيين الأنكليز، أن القطة الإنكليزية تأكل من اللحم حوالي مرتين أكثر من الافريقيين، أما نفقات هذه القطة الاجمالية فيفوق أعلى معدل لدخل الفرد في الدول الفقيرة.

لقد تم في عام 1980م في المؤتمر الصحي العالمي، الإعلان عن القضاء على مرض الحصبة، الذي كان يصيب البشر منذ أقدم العصور، وقد وجدت آثار الحصبة على الأجسام المصرية المحنطة المومياء قبل ثلاثة آلاف سنة.

قد بلغ عدد المصابين بالحصبة في أوروبا في الماضي حوالي (10 ـ 12 مليون شخص)، توفي منهم حوالي (40٪). بدأت الحملة الشاملة على الحصبة في عام 1958م، وانتهت الحملة بنجاح في العام 1977، أما آخر إصابة بداء الحصبة فقد سجلت في الصومال.

تبين احصاءات منظمة الصحة العالمية أنه خلال السنوات العشر الماضية، ولو لم يتم القضاء على داء الحصبة لكان ضحيتها حوالي (20 مليون نسمة)، ولكان حوالي (100 ـ 150 مليون نسمه) اصيبوا بمرض الحصبة.

لقد بلغت الفوائد الاقتصادية نتيجة للقضاء على داء الحصبة حوالي (10 مليارات دولار)، بالإضافة إلى الفائدة، التي لا تقدر بثمن الصحة والعافية للمواطنين. وفي نفس الوقت وبغض النظر عن النجاحات السابقة الذكر، فإن الصحة الإنسانية في تدهور مستمر، حيث انخفض متوسط عمر الإنسان من (1 و66 سنة في عام 1964 ـ 1965 إلى 4 و62 سنة في عام 1985 للرجال، بينما بلغ متوسط عمر النساء حوالي (6 و72 ـ 8 و73 سنة).

إن السبب الأساسي لازدياد الحالات المرضية لدى سكان العالم يعود إلى زيادة نسبة تلوث البيئة وانخفاض مستوى المعيشة، حيث يموت سنويا (2,5 مليون شخص) نتيجة للأمراض المتصلة مع التدخين، ويموت حوالي (5 ملايين طفل سنويا) نتيجة لأمراض الجهاز الهضمي، وثلاثة ملايين شخص يموتون سنويا نتيجة لمرض السل.

لقد ظهرت الملاريا في البلدان النامية في السبعينات، وكانت قد اعتبرت منتهية في الخمسينات من هذا القرن، حيث عادة الملاريا بشكلها الجديد وظهرت أنواع جديدة من البعوض تقاوم المبيدات الحشرية الموجودة. أما في نهاية الثمانينات وفي كل عام يتم العثور على (98 مليون شخص) مصابون بالملاريا، من بينهم (84 مليون مصاب) في افريقيا.

إن عتبة تأثير المبيدات الكيميائية الزراعية قد انتهى، ففي الولايات المتحدة الأمريكية في الأربعينات من هذا القرن تم تخريب حوالي (7٪) من المحصول بفعل الحشرات، وقد تضاعفت هذه النسبة عشرة مرات نتيجة لاستخدام المبيدات الحشرية.

لقد شن الانسان حرباً كيميائية على الحشرات الضارة، التي تقوم باتلاف المحصول، وذلك محاولة منه في زيادة كمية المحاصيل الزراعية ولكن تأثير هذه الحرب الكيميائية قد انعكس على الانسان نفسه وعلى صحته وطعامه، الذي أصبح ملوثا بالكيماويات. وحسب الاحصائيات الأخيرة فإن حوالي (ثلاثة أرباع) المبيدات الحشرية تغسل من التربة وتنتقل إلى مصادر مياه الشرب وفقط حوالي (1 ـ 3٪) من المبيدات الحشرية تستخدم حسب الارشادات الصحية أما الغالبية العظمى منها فتستخدم بلا مبرر، حيث ينتشر القسم الأكبر من المبيدات الحشرية في الهواء، التربة والماء، والمواد الغذائية، وفي جسم الحيوانات والإنسان، وهذا بطبيعة الحال، يؤدي إلى زيادة حالات التسمم عند الأطفال في المناطق الزراعية، وكثرة عدد الوفيات.

إن عملية التكيف مع الظروف الطبيعية المتغيرة عند الانسان قد وصلت إلى أبعد من الحد المعقول، ويدل على ذلك انتشار الأمراض السرطانية الخبيثة بحوالي (90٪)، وانتشار الأمراض الناتجة عن تلوث البيئة، مثل الحساسية المفرطة، وحوادث التسمم، وغيرها من الأمراض، وكذلك أمراض تصلب الشرايين وأمراض القلب، التي تنتشر بشكل خاص في المناطق الصناعية.

بالمقارنة مع المجتمعات الإنسانية الأولى، فقد ارتفع محتوى العناصر

الضارة في الوقت الحاضر، مثل الكادميوم، الذي ارتفعت نسبته بنحو (70 مرة) وارتفعت نسبة الرصاص بنحو (17 مرة)، وارتفعت نسبة الزئبق (19 مرة) وارتفعت نسبة التلوريوم بحوالي (40 مرة). ويعتبر الفائض من الكاديوم السبب الرئيسي لأمراض القلب. أما النسبة الكبيرة من عنصر الرصاص فتسبب مرض النسيان وتوسع الكلى، أما الزئبق فيسبب أمراض الحساسية، وتخريب الآلية الوراثية، أو الهندسة الوراثية.

تكون معدلات وفيات الأطفال في الاتحاد السوفياتي السابق عالية، حيث يموت سنويا حوالي (0,027) من الأطفال الرضع في عمر السنة، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فيبلغ معدل وفيات الأطفال (0,010)، أما في فرنسا فتبلغ نسبة الوفيات بين الأطفال (0,008)، وفي السويد تنخفض هذه النسبة وتصل إلى (0,007)، في حين تسجل اليابان أقل نسبة وفيات في صفوف الأطفال في العالم، حيث لا تتجاوز نسبة الوفيات (0,005).

أما المشكلات الصحية الأخرى، التي تؤدي إلى إلحاق الضرر بصحة الإنسان فهي مشكلة الإدمان على المشروبات الكحولية، حيث بينت الدراسات تزايد نسبة هؤلاء المدمنين، خاصة في دول الاتحاد السوفياتي السابق، حيث تبلغ نسبة المدمنين على الكحول حوالي نصف مليون شخص، وتبلغ نسبة الذين يموتون من تأثير الكحول حوالي ثلث عدد الوفيات، هذا بالاضافة إلى تزايد نسبة المتخلفين عقليا من الأطفال بسبب ادمان احد الوالدين على الكحول أو كليهما.

4 ـ الايدز:

وإذا ما رجعنا إلى مرض العصر وطاعون القرن العشرين المسمى بالايدز، أو السيدا، أو مرض نقص المناعة، الذي يهدد أعداد هائلة من سكان الأرض بالفناء والموت. ينتشر فيروس الإيدز بسرعة كبيرة وأمام أعيننا، حيث يقف العلم والطب عاجزين عن ايقاف المرض، أو الحد من سرعة انتشاره الكبيرة.

لقد بينت احصائيات منظمة الصحة العالمية أنه في أوروبا الغربية تبلغ نسبة المصابين بالإيدز في عام 1993م حوالي واحد من بين كل أربعين شخص. أما في

الولايات المتحدة الأمريكية فتبلغ نسبة حاملي المرض واحد من بين كل خمسة أشخاص، أما في افريقيا فتبلغ نسبة حاملي المرض واحد من بين كل شخصين. أما في عام 2000م فقد يموت نصف السكان في بعض دول افريقيا، هذا إذا لم يتم ايجاد علاج شاف لمرض الايدز.

دلت الإحصاءات المجراة في الأعوام 1987 ـ 1988م أن عدد المرضى بالإيدز في العالم يبلغ (5 ـ 10 مليون)، موزعة على النحو التالي: افريقيا (2 ـ 3) مليون مصاب، أمريكا (1 ـ 1,8 مليون مصاب)، أمريكا اللاتينية حوالي (500 ـ 750 ألف مصاب)، أوروبا (280 ـ 800 ألف مصاب)، آسيا أقل من (100 ألف مصاب).

يعتبر الايدز مرض العصر إحدى النتائج الأساسية للانحطاط والانحلال الخلقي في المجتمعات الغربية. ويصيب هذا المرض بشكل خاص الأطفال والشباب، الذين هم أكثر أفراد المجتمع قدرة على العمل. أما طريقة انتقال هذا المرض فهي: نتيجة عملية نقل الدم من الشخص المريض إلى الشخص السليم، أو استعمال الحقن الملوثة بالمستشفيات، أو عن طريق الاتصال الجنسي مع الشخص المصاب.

ويعتبر الحل الأمثل للوقاية من المرض والحد من أخطاره، فهو التوعية السكانية لأخطار هذا المرض عن طريق النشرات الصحية والبرامج التلفزيونية والاذاعية، والاخلاص للشريك الزوجي، ويلاحظ في الفترة الأخيرة ازدياد عدد الأطفال المصابين بالايدز، والذين منذ الولادة يحملون فيروس الايدز، حيث تزداد نسبة الأطفال المصابين في فرنسا بحوالي (2,2 ـ 2,3 سنويا)، أما في أمريكا فقد تم في عام 1986 انفاق مليار دولار للحملة الدعائية ضد الايدز، وبلغت نسبة النفقات المتصلة مع مرض الايدز حوالي (66 مليار دولار) في عام 1991م.

الفصل الحادي عشر

خطر استنزاف الموارد الطبيعية

قام الإنسان خلال السنوات الماضية باستغلال أكثر من (56٪) من الموارد الطبيعية، وهذا يعني أن (44٪) لم يستثمر بعد، ولكن هنالك عدة مشاكل تعيق إمكانية استثمار هذا الجزء المتبقي من الموارد الطبيعية، فمثلاً في مجال الأراضي الزراعية يكون القسم المتبقي من الأراضي وغير المستثمر في غالبيته غير صالح للزراعة، ويدخل ضمن هذه الأراضي كلا من الأراضي القطبية المتجمدة، والصحاري الباردة، التوندرا، والتي تمثل حوالي (15٪) من مساحة الأراضي المتبقية بدون استثمار.

أما الجزء المتبقي من الأراضي بدون استثمار فهو أيضاً لا يمكننا استثماره، وذلك لوجود العديد من الصعوبات الفنية والتقنية وعدم توفر الإمكانات المادية الضخمة، حيث يتطلب استصلاح هذه الأراضي أموالاً كثيرة تفوق ما سوف تنتجه هذه الأراضي بعد عملية الاستصلاح، ونذكر من هذه الأراضي: الصحاري الجافة، المستنقعات، المنحدرات الجبلية الوعرة الغابات، والتي تمثل حوالي (25٪)، وبهذا الشكل نجد أن مجموع الأراضي غير المستثمرة والصالحة للزراعة على الكرة الأرضية لا يتجاوز (4 ـ 6٪) من مساحة الأرض.

كما توجد في قارة أمريكا الجنوبية مساحات لا بأس بها تصلح للزراعة وغير مستثمرة، وذلك لصعوبة الوصول إليها والتكاليف المادية الكبيرة اللازمة لاستثمارها.

وهكذا نلاحظ أن الموارد الطبيعية في طريقها إلى الاستنزاف في حين أن عدد السكان في حالة تزايد مستمر، وقد انخفضت مساحة الأراضي المخصصة

لكل شخص من (0,45 إلى 0,31 هكتار)، وذلك خلال القرون الأربعة الماضية، وانخفضت مساحة الأراضي المخصصة للرعي من (0,98 إلى 0,67 هكتار)، وانخفضت مساحة الغابات من (1,37 إلى 0,87 هكتار).

بينت معطيات الباحث الأمريكي في مجال البيئة /يوادوم/ أن كل شخص يحتاج إلى مساحة هكتارين لكي يمارس نشاطاته الاعتيادية وتوزع على الشكل التالي: (0,6 هكتار) يستخدمها للانتاج الصناعي والزراعي والتجاري، (0,2 هكتار) للسكن، (1,2 هكتار) لاستخدامها في فترات الاستراحة والاستجمام، ولكي تكفل له الهواء الطلق: وفي الوقت الحاضر لا يمكن تأمين هذه المساحة لكل شخص، وذلك لازدياد عدد سكان العالم مع ثبات مساحة الأراضي.

ان ازدياد عدد المنشآت الصناعية بالقرب من المدن الآهلة بالسكان قد أدى إلى تقليص كمية الهواء النظيف المخصصة لكل شخص، وزاد من نسبة تلوث الهواء والماء نتيجة لازدياد نسبة المواد الملوثة للبيئة المحيطة وخاصة المواد المتبقية من استخدام المواد المشعة، والنفايات النووية.

ومنذ زمن، تحاول الدول الاستعمارية دفن النفايات النووية في بلدان الدول النامية، وذلك للتخلص من تأثيرها الاشعاعي الضار. والغريب في الأمر أن الدول النامية تقبل أن تدفن هذه النفايات في أراضيها، وذلك مقابل حفنة من الدولارات، متناسية بذلك الخطر الكبير الذي تلحقه هذه النفايات بالسكان.

تبلغ كلفة دفن الطن الواحد من النفايات النووية في الدول الصناعية ما بين (160 ـ 1000 دولار)، في حين تبلغ كلفة دفن الطن في الدول الافريقية (40 ـ 50 دولار).

بلغت كمية النفايات النووية المدفونة في افريقيا عام 1988م حوالي (22,5 مليون طن)، منها (15 مليون طن) دفنت في جمهورية بنين الشعبية (6 مليون طن) في غينيا بيساو، (مليون طن) في الكونغو، والدول الافريقية الأخرى.

وفي العام 1988 طالبت منظمة الدول الافريقية بوقف تدفق هذه النفايات النووية إلى القارة الافريقية، كما طالبت بضرورة تنظيف المناطق الملوثة بالاشعاع

النووي، وطرحت هذه القضية للمناقشة في جلسات هيئة الأمم المتحدة.

1 ـ نقص المواد الغذائية:

يعاني العالم منذ فترة طويلة من نقص في المواد الغذائية، وخاصة القمح، فعلى سبيل المثال في عام 1964م كان الاتحاد السوفياتي (سابقاً) يستورد من القمح حوالي (6 ـ 7 مليون سنوياً)، بينما في العام 1972 فقد أصبح استهلاكه اليومي (30 ـ 40 مليون طن).

لقد أدى نقص المواد الغذائية الأساسية إلى زيادة كبيرة في أسعارها بل مضاعفتها عدة مرات. فمثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 1989 وصلت كلفة الطن الواحد من القمح إلى (180 دولار)، بينما كانت كلفة الطن الواحد من الذرة (120 دولار)، وقد بلغ سعر الطن الواحد من القمح في الاتحاد السوفياتي في نفس العام حوالي (290 دولار).

لقد ظهرت في السنين الأخيرة دول تقوم بتصدير المواد الغذائية، كالقمح، والذرة، واللحوم، والحليب، ومشتقاته. ومن أهم هذه الدول الولايات المتحدة الأمريكية، كندا، استراليا.

وقد بينت احصائيات هيئة الأمم المتحدة المتعلقة بالبضائع والأغذية، أن احتياجات العالم السنوية من الحبوب تفوق (350 مليون) طن، بينما في عام 1989 كان احتياطي العالم من الحبوب حوالي (290 مليون طن)، أي انخفض بحوالي (60 مليون طن).

2 ـ نقص الخامات الصناعية:

لقد بدأ بحث الانسان عن الخامات المعدنية الصناعية في القرن التاسع عشر، وفي هذا القرن استخدم حوالي (50 نوع) من الخامات المعدنية في الصناعة، في حين أن عدد الخامات الاجمالي في الطبيعة يفوق المئة خام معدني.

إن قيام الثورة الصناعية قد تطلب البحث المستمر عن الخامات المعدنية،

حيث انتقل البحث عن الخامات المعدنية من المقالع والمناجم السطحية، بعد أن نضبت المناجم والمقالع تحت السطحية.

وفي الثمانينات من هذا القرن وصلت كمية الاحتياجات العالمية اليومية من المواد الخام إلى أكثر من (14 مليار طن)، أي ما يعادل (3 طن) لكل شخص.

يقوم الإنسان باستخدام جزء بسيط من المواد الخام، التي يستخرجها من المقالع، بشكل فعلي، أما الباقي فيرميه على شكل نفايات وقاذورات. وقد بلغت نسبة النفايات الصناعية في عام 1970م حوالي (40 مليار طن)، ويعتقد أنها سوف ترتفع في عام 2000م إلى (100 مليار طن)، أي بزيادة قدرها حوالي (2,5٪) وتساهم هذه النفايات الصناعية بتلويث البيئة والهواء والتربة والماء.

ونتيجة للنشاطات الصناعية للانسان يتم تخريب الدورة البيوكيميائية، التي عملت بشكل منتظم ومتوازن خلال ملايين السنين. كما يتم تخريب دورة العناصر الأساسية للبيوسفير، كا: الكربون، الازوت، الكبريت، الاوكسيجين، الهيدروجين، الفوسفور.

لقد تطور انتاج الصناعات المرتبطة مع تطور الكيمياء العضوية، وذلك من (7 مليون طن) في الخمسينات إلى (250 مليون) في الثمانينات من هذا القرن، حيث يتم عرض أكثر من الفين نوع من الصناعات الكيماوية يومياً في الأسواق العالمية، حيث يستخدم في صناعتها حوالي (80 ألف) مركب كيميائي.

وهنا لا يمكن انكار الدور الذي لعبته الثورة الكيميائية في تحسين ظروف معيشة الإنسان وتوفير متطلباته وحاجاته اليومية، ولكن هذا ليس كل شيء فمن جهة ثانية سببت هذه الثورة الكيميائية الكثير من الكوارث للانسان، وذلك كما حدث في عام 1983 في بخوبال، وفي عام 1986 في الراين.

3 ـ استنزاف مصادر الطاقة:

يظهر الفرق بين مستويات الحياة والمعيشة في البلدان النامية، والبلدان المتطورة في عدة مجالات، منها مجال الطاقة، حيث يتطلب (75٪) من سكان

البلدان النامية حوالي (20٪) من الطاقة العالمية. (الجدول: 6).

وما يزال النفط هو المصدر الرئيسي للطاقة، حيث أدى انخفاض أسعاره في الثمانينات إلى عدم البحث الجدي عن مصادر جديدة للطاقة وهنا يكمن الخطر على مصادر الطاقة، وذلك لأن أبار النفط في طريقها إلى النضوب، في خلال (50 ـ 80 سنة)، مما سيؤدي إلى أزمة خطيرة في مجال الطاقة، وخاصة تلك الصناعات التي تعتمد على النفط بشكل أساسي، وهنا لا بد من إيجاد مصادر جديدة للطاقة غير النفط.

وتوقعت المصادر النفطية أن أبار النفط في بحر الشمال سوف تنضب في نهاية التسعينات من هذا القرن، هذا سيكون حالة معظم أبار الدول المصدرة للنفط، والتي نالت شهرة كبيرة في الثمانينات من هذا القرن، وهذا سيؤدي إلى رفع أسعار النفط في التسعينات.

وهكذا نجد أنه نتيجة لانخفاض الانتاج العالمي من النفط سوف تبرز أهمية الدول العربية المصدرة للنفط، والتي تحتوي على أكثر من (60٪) من الاحتياطي العالمي من النفط. ولكن في نهاية المطاف وبعد سنوات معدودة سوف يتم استنزاف كافة أبار النفط، وهنا ستكون أزمة حقيقية في مجال الطاقة سوف تصادف وحدة الأجيال القادمة.

نوع المواد	وحدة	دول صناعية متطورة 265٪ سكان		متخلفة 64٪ من سكان العالم	
	القياس	الاستهلاك٪	المتوسط٪	الاستهلاك٪	المتوسط٪
كالوري	كالو/يوم	34	3,395	66	2,389
بروتين	غ/يوم	38	99	62	58
دهون	غ/يوم	53	127	47	40
ورق	كغ/سنة	85	123	15	8
فولاذ	كغ/سنة	79	455	21	43
معادن أخرى	كغ/سنة	86	26	14	2
الطاقة	/سنة	80	5,8	20	0,5

(الجدول: 6) ـ الاستهلاك العالمي من المواد الغذائية والصناعية، والطاقة، وذلك في الفترة 1980 ـ 1982م.

يعتبر انتاج دول الاتحاد السوفياتي من النفط، بالمقارنة مع الدول الأخرى، قليلاً جداً حيث كان في العام 1960 حوالي (14٪) من الانتاج العالمي، وقد وصل في العام 1983 إلى (24٪).

أما من حيث انتاج دول الاتحاد السوفياتي من الغاز الطبيعي فقد ارتفع من حوالي (9٪) من الانتاج العالمي في العام 1960م إلى حوالي (33٪) في العام 1983.

ونتيجة لادراك الدول النفطية أن النفط لا بد وأن ينضب ذات يوم، ولكون اقتصادها يعتمد اعتماداً كلياً على النفط والعائدات النفطية، كان لا بد من إنشاء صندوق مالي لضمان حصة الأجيال القادمة من عائدات النفط، وذلك لكي تستعين الأجيال القادمة به في التغلب على الصعوبات الاقتصادية، كما فعلت دولة الكويت.

لقد بدأت الدول الصناعية بالبحث عن بديل للنفط والغاز الطبيعي، وذلك لسد احتياجاتها من الطاقة، خصوصاً عندما ينضب النفط والغاز، فقد توجهت الأنظار من جديد إلى الفحم الحجري وتعتبر كلا من الصين، الاتحاد السوفياتي، الولايات المتحدة الأمريكية، من أهم الدول المنتجة للفحم الحجري. لقد باشرت هذه الدول باستخدام الفحم الحجري لتوليد الطاقة الكهربائية. وتبلغ نسبة الطاقة المولدة بواسطة الفحم الحجري حوالي (2,5٪) من إجمالي الطاقة العالمي.

يعتبر الفحم الحجري من أسوء الأنواع المنتجة للطاقة، فلقد بلغت نسبة الكربون المنطلقة في الغلاف الجوي الأرضي في بداية الثمانينات حوالي (5 ـ 5,2 مليار طن سنوياً). وفي نهاية الثمانينات من هذا القرن وصلت هذه الكمية إلى (100 مليار طن) سنوياً، وهذا بدوره أدى إلى زيادة نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون في الجو، الذي ساهم في تغير المناخ الأرضي وتسخين الغلاف الجوي الأرضي.

لقد توجهت الأنظار إلى استخدام المفاعلات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة للصناعات، حيث بلغ عدد المفاعلات في العالم، في عام 1986 حوالي (366 مفاعل نووي). كما تم وضع حجر الأساس لإنشاء حوالي (140 مفاعل

نووي) جديد.

تقدم هذه المفاعلات النووية حوالي (15٪) من حاجات العالم للطاقة. وتبلغ نسبة الدول، التي تعتمد على المفاعلات النووية في توليد الطاقة حوالي ربع دول العالم، وهنالك عشرة دول فقط تحتوي على (90٪) من المفاعلات النووية. في فرنسا تبلغ نسبة انتاج الطاقة من المفاعلات حوالي (65٪) من إجمالي انتاج الطاقة.

أما في السويد فتنتج المفاعلات النووية حوالي (42٪) من إجمالي الانتاج الكهربائي. أما في المانيا فتنتج المفاعلات النووية حوالي (31٪) من الطاقة، وفي اليابان (23٪) من إجمالي انتاج الطاقة، وفي أمريكا تنتج المفاعلات النووية حوالي (16٪) من اجمالي انتاج الطاقة، وفي كندا تبلغ نسبة ما تنتجه المفاعلات حوالي (13٪) من الطاقة الاجمالية، وفي دول الاتحاد السوفياتي السابق توجد (16 محطة) توليد للطاقة تعتمد على الطاقة النووية يعمل فيها حوالي (45 مفاعل نووي) تنتج من الطاقة حوالي (12,7٪) من احتياجات البلد، وهنالك خطة لرفع هذه النسبة حوالي (6 مرات).

أما في دول أوروبا الشرقية فهنالك خطة لرفع انتاج هذه الدول من الطاقة المعتمدة على المفاعلات النووية، وذلك من (8 مليون) كيلو واط عام 1986 إلى (50 مليون كيلو واط) في عام 2000، أي لتصل نسبة انتاج الطاقة إلى (30 ـ 40٪) من انتاجها السنوي.

أما الولايات المتحدة الأمريكية فقد قامت بتوقيف حوالي (55) مشروع إنشاء محطات توليد تعمل بالطاقة النووية في العام 1980، وكذلك في سويسرا فقد تقرر التقليل من استخدام المفاعلات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية إلى أن يتم الاستغناء عنها كليا في عام 2000م. اما في اليابان فقد قرر الاستمرار في إنشاء واستثمار المفاعلات النووية في مجالات توليد الطاقة.

وعلى الرغم من النجاحات الكبيرة في مجال تشغيل المفاعلات النووية والتقنيات الحديثة فيبقى هنالك الكثير من المشاكل، التي تتعلق بالنفايات النووية،

والاشعاعات النووية وكيفية عزل المفاعلات النووية، وعدم تعرضها للانفجار نتيجة لقدم المنشآت والمعدات، وخاصة بعد مرور (30 سنة) على إنشائها، حماية المحطات النووية من أعمال التخريب بفعل الزلازل، أو التخريب المتعمد من قبل الارهابيين.

لقد أظهرت حادثة انفجار المفاعل النووي في تشرنوبل التاريخية، إن العالم متصل ببعضه البعض وإن أي انفجار نووي في أي منطقة من العالم سوف يلحق الضرر بسكان العالم أجمع ويهدد حياة جميع الكائنات الحية على الأرض.

بينت النشرات الرسمية أن تكاليف حادثة تشرنوبل بلغت حوالي (8 مليار روبل)، في حين أن قيمة الطاقة، التي تنتجها المحطات النووية السوفياتية مجتمعة تقدر بحوالي (2,5 مليار) روبل، أي ان خسائر حادثة تشرنوبل تفوق بثلاث مرات انتاج هذه المحطات. علماً أن هذه الأرقام لا تتضمن الخسائر البشرية، والأخطار الصحية، التي تعرض لها المواطنون القاطنون في تلك المنطقة (أمراض السرطان المختلفة، أمراض الحساسية، أمراض نقص المناعة، وغيرها).

أما في أرمينيا فقد تقرر اغلاق ثلاث محطات لتوليد الطاقة النووية، وذلك بعد الزلزال الذي ضرب المنطقة، لكون المنطقة نشيطة من الناحية السيسمولوجية ومعرضة للهزات الأرضية. كما توقف العمل في انجاز عدد من المحطات النووية في كلا من اذربيجان، جورجيا، ارمينيا، مينسك، اوديسا.

يزداد خطر المحطات النووية المولدة للطاقة الكهربائية عندما يتم بنائها بالقرب من التجمعات السكنية والمدن الكبيرة، أو في المناطق، التي تتعرض دائما للهزات الأرضية، أو المناطق ذات البنية التكتونية المخلعة، التي تحتوي على الفوالق، وتكثر فيها الانزلاقات الأرضية، أو بالقرب من الانهار، أو في المناطق الزراعية والرعوية.

لكي نحافظ على التوازن البيئي ـ الاقتصادي، أي دون الإضرار بكل من البيئة والنشاط الصناعي للانسان، لا بد من الأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل أساسية نذكر منها:

1) تخفيض نسبة استهلاك الطاقة وترشيدها.

2) استخدام موارد جديدة ونظيفة لانتاج الطاقة، مثل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة البحار، طاقة البراكين، وذلك لكون هذه المصادر نظيفة جدا ولا تلحق الأذى بالبيئة المحيطة.

ومن الجدير بالذكر القول بأن نسبة كبيرة من الطاقة تذهب هدرا دون الاستفادة منها، فمثلا تبلغ نسبة الاستفادة من الوقود في الصناعة حوالي (40 ـ 42٪) من إجمالي الوقود المستخدمة. اما ما يتعلق بالغاز الطبيعي فيتم هدر حوالي (10٪) من حجم الغاز المستخرج وهذا ما يعادل حوالي (41 مليار متر مكعب)، بحيث يقذف في الهواء ودرجة حرارته حوالي (500م).

أما نسبة الفحم الحجري الضائعة فتبلغ حوالي (30٪) من الكمية الإجمالية للفحم الحجري المستخرجة، حيث لا تحرق هذه الكمية ولا تعطي حرارة وتتطاير على شكل غبار من الفحم، في حين أنه لو تم استخدام هذه الكمية المهدورة من الفحم لتمكنا من الاستغناء عن عدد كبير من المفاعلات النووية. وفي السنوات الأخيرة إلى محطات توليد الطاقة الكهربائية من العنفات، التي تعمل بقوة دفع مياه الأنهار.

وعلينا أيضا أن نحاول ترشيد الطاقة الكهربائية في المنازل والمصانع والمعامل، وفي كل مكان. وعلى سبيل المثال نأخذ المنازل السويسرية، التي قامت بالتقليل من استهلاك الطاقة بحوالي (30 ـ 50٪)، بالمقارنة مع المنازل الأمريكية.

4 ـ استنزاف المصادر المائية:

يعتبر الماء مصدر الحياة ومنبعها، وأغلى أنواع الموارد الطبيعية، على الرغم من أن المحيطات تشغل حوالي ثلاثة أرباع مساحة الكرة الأرضية، ولكن المياه الصالحة للشرب والمتوفرة للانسان القليلة، حيث تشغل المياه المالحة حوالي (97٪) من حجم الماء الكلي، أما احتياطي المياه الصالحة للشرب فهو عبارة عن

الجليد، الذي يمثل (99٪)، في حين تمثل مياه الأنهار والبحيرات والينابيع حوالي (1٪) من حجم المياه الصالحة للشرب.

يبلغ الاستهلاك العالمي السنوي من المياه حوالي (3810 كلم^3)، يستخدم منها في مجال الزراعة حوالي (2450 كلم^3)، ويستخدم في مجال الصناعة حوالي (1100 كلم^3)، ويستخدم في المنازل حوالي (250 كلم^3).

تعتبر مسألة نقص المياه من أهم المشاكل التي سيواجهها العالم في السنين القادمة. لقد أعلنت منظمة الأمم المتحدة الثمانينات من هذا القرن عقد تأمين المياه النظيفة لكل سكان الأرض، لكن هذه لم يتحقق، حيث أن ثلث سكان العالم لا يتوفر لهم الماء النظيف الصالح للشرب، ونتيجة لذلك يعانون من أمراض المعدة والأمعاء، ويموت في دول العالم الثالث سنويا حوالي (4,5 مليون طفل) قبل سن الخامسة، وحوالي (200 مليون) مواطن تنتقل لهم عدوى هذه الأمراض عن طريق الماء غير النظيف والملوث.

لقد بينت الاحصائيات أن (40٪) من سكان العالم يعتمدون في تأمين مياه الشرب على (214 حوض مائي)، حيث تستخدم هذه الأنهار والبحيرات والينابيع لتأمين مياه الشرب، ومياه الزراعة، والمياه اللازمة للصناعة، وفي توليد الطاقة الكهربائية، ويتوزع حوالي (25 حوض مائي) فيما بين (4 ـ 12 بلد).

سوف يقود نقص المياه المستمر إلى نشوب خلافات عالمية مسلحة بين الدول من أجل تحديد أحقية كل منها في استثمار هذه الأحواض المائية والسيطرة على الأنهار والبحيرات والينابيع.

إلى الآن لم تحل مشكلة تقسيم مياه البحيرات بين أمريكا وكندا، وبين أمريكا والمكسيك، ومشكلة نهر الراين بين عدد من الدول الأوروبية، ومشكلة نهري الفرات ودجلة بين سوريا، وتركيا والعراق. ومشكلة نهر النيل بين السودان، ومصر، وأثيوبيا، ومشكلة نهر الكولورادو، وريوغراند، وغيرها من الأنهار التي تمر بين عدة دول.

تتطلب الزراعة حوالي (70٪) من حجم الماء المتوفر، وقد بلغت نسبة

الأراضي المروية في بداية القرن العشرين حوالي (40) مليون هكتار، وفي الخمسينات من هذا القرن وصلت هذه النسبة إلى (84 مليون هكتار). وفي عام 1980 ازدادت مساحة الأراضي المروية إلى (249 مليون هكتار). وقد توقفت عند هذا الحد.

بلغت مساحة الأراضي المروية في الصين في عام 1950 حوالي (20 مليون هكتار)، وقد توسعت المساحة المروية في عام 1978، حيث بلغت حوالي (48 مليون هكتار)، وفي العام 1987 تقلصت المساحة المروية في الصين بنسبة (2٪).

أما في الهند فقد توسعت المساحة المروية من (21 مليون) هكتار في عام 1950 إلى (42 مليون هكتار) في عام 1984. أما في الولايات المتحدة الأميركية كانت المساحة المروية حوالي (25 مليون هكتار) في عام 1978، وقد تقلصت المساحة المروية بحدود (7٪) في الثمانينات من هذا القرن.

وفي دول الاتحاد السوفياتي السابق تبلغ مساحة الأراضي المروية حوالي (20 مليون هكتار). لقد بينت الاحصائيات أن حوالي خمس مساحة الأراضي الزراعية في العالم تعطي ثلث احتياجات العالم من المواد الغذائية. تبلغ نسبة الأراضي المروية في العالم حوالي (37٪) من الأراضي، وهذا يعني أن حوالي ثلثي كمية الماء المخصصة للري تضيع هدرا، فإما أن تتبخر في الجو، أو تتسرب داخل الأرض، ويعود ذلك إلى أن غالبية البلدان النامية تستخدم طرقا بدائية في الري تعود إلى 500 سنة خلت، وهذا يلعب دورا كبيرا في ضياع المياه من أقنية الري وتسربها إلى باطن الأرض.

أما طرق الري الحديثة فقد رفعت من نسبة الاستفادة من المياه بحدود (90٪)، حيث استخدمت طريقة الري بالتنقيط، والتي توفر حوالي (20ـ 60٪) من كمية الماء المستخدمة في الري. غير أن غالبية الدول النامية لا تستخدم الطرق الحديثة في الري، وذلك لكون معدات الري غالية الثمن.

توجد عدة طرق للحد من ضياع الماء، نذكر منها: تحسين وتخطيط الحقول الزراعية، السيطرة على رطوبة التربة الزراعية، تنظيم عمليات الري

وجعلها في أوقات محددة، وغيرها، كما تستخدم دورات مائية محددة لاعادة استخدام المياه، وذلك ضمن حلقات مغلقة، أو نصف مغلقة، كي تساهم في التقليل من هدر المياه.

لقد ادى الاستهلاك الكبير للمياه في مجال الري في دول الاتحاد السوفياتي، وخاصة في منطقة الأورال لنهري (سيجون جيحون)، إلى إنخفاض مستوى سطح البحر حوالي (13 م) من عام 1960 إلى 1987م، وتقلصت مساحة البحر بحدود (40٪)، مما أدى إلى جفاف المناطق الشاطئية المحيطة ببحر ازوف، وأصبحت هذه المناطق مصدر للرمال والأتربة، التي تلحق الضرر بالمناطق المجاورة ولمسافة (300 كلم).

لقد امتدت يد الانسان إلى البحار والمحيطات، وقامت بتلويث المياه والقضاء على نسبة كبيرة من الكائنات البحرية الحيوانية، والنباتية، حيث يتم سنويا قذف حوالي (30 مليون طن) من النفط، و(5 آلاف طن من الزئبق)، و(50 ألف طن) من مادة الـ د.د.ت، وغيرها من الملوثات. ويغطي حوالي خمس مساحة المحيطات بقشرة رقيقة من النفط، وتقوم هذه القشرة بمنع التبادل الغازي بين الهواء ومياه البحر، كما تقوم هذه القشرة النفطية بعكس الأشعة الشمسية، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو وتغير المناخ الأرضي واختلال التوازن البيئي.

5 ـ ظاهرة التصحر:

لقد كانت الإنسانية في الستينات من هذا القرن على مفترق طرق، حيث لم يعد بالامكان توسيع مساحة الأراضي الزراعية، وكان الحل الوحيد لزيادة الانتاج الزارعي هو استخدام الدورات الزراعية، وزراعة أكثر من محصول في السنة.

نجد في أيامنا هذه أن الأزمة البيئية تجتاح كل البلدان المتطورة، والنامية، الحارة والباردة، الرطبة والجافة، حيث يتم سنويا تخريب ملايين الهكتارات من الأراضي الزراعية نتيجة لانجراف التربة بواسطة الرياح أو الأمطار والثلوج والأنهار. وقد بينت الإحصائيات أن الأنهار تقوم سنويا بنقل حوالي (24 مليون طن) من التربة الزراعية الجيدة وترسبها في قاع المحيطات والبحار.

تعرف التربة بأنها القشرة الخارجية من سطح الأرض الصالحة للزراعة. وتحتوي حفنة من التراب على ملايين العضويات الصغيرة، ولتشكل طبقة من التربة بسماكة (1 سم) نحتاج إلى مئة سنة، ويمكن أن نخسر هذه التربة خلال فصل واحد. وتعتبر ظاهرة حت وتعرية التربة الزراعية من الظواهر الخطرة الواسعة الانتشار، والتي تهدد مستقبل الزراعة على الأرض.

أما الخطر الأكيد فيكمن في انجراف التربة الزراعية، بالإضافة إلى إنجراف الصخور الأم المولدة لهذه التربة، حيث تتحول الأرض إلى صحراء قاحلة. لقد قام الانسان خلال فترة تواجده على الأرض بتخريب أكثر من مليارين من الهكتارات الزراعية، وهو مستمر في تحويل الأراضي الزراعية إلى صحاري.

ولقد بينت الإحصائيات الأخيرة أن الصحاري والأراضي نصف المروية تشغل حوالي ثلث الكرة الأرضية، ويعيش في هذا الجزء من الأرض حوالي (15٪) من سكان العالم. وفي الربع الأخير من القرن العشرين ازدادت مساحة الصحاري بحدود (9 مليون كلم^3). وقد أصاب هذا التصحر حوالي (44٪) من مساحة الأراضي، عدا ذلك فإن حوالي (30 مليون كلم^3) مهددة بالتصحر، وهذا حوالي خمس مساحة الأرض.

قد تحدث ظاهرة التصحر في كافة المناطق بغض النظر عن طبيعة مناخها، ولكنها تحدث بشكل سريع جدا في البلاد الحارة. فعلى سبيل المثال تحتل أفريقيا المرتبة الثانية من حيث وجود الصحارى، كما تحتوي آسيا على مساحات واسعة من الصحاري، وكذلك اميركا اللاتينية، وأوستراليا.

حسب المعطيات الحديثة، فإن التصحر يهدد مساحات واسعة من الأرض، حيث يعيش على هذه الأراضي حوالي سدس سكان العالم، ويقطنون في أكثر من (100 دولة) تنتمي إلى العالم الثالث، وتتوزع في كلا من أفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية.

تشمل عملية التصحر حوالي (6 مليون هكتار) سنويا، وكما ينخفض مردود حوالي (20 مليون هكتار) من الأراضي الزراعية سنويا. واشارت الإحصائيات

الأخيرة إلى أنه في نهاية القرن العشرين سوف يتصحر حوالي ثلث الأراضي الزراعية الحالية، مما سيؤدي إلى نقص كبير في المواد الغذائية، خاصة الزراعية منها.

لقد جلبت ظاهرة التصحر والجفاف، التي تعرضت لها القارة الأفريقية في الثمانينات، الكثير من الأزمات الغذائية والاقتصادية وأدت إلى المجاعات في معظم بلدان القارة الأفريقية (34 دولة)، يعيش فيها حوالي (150 مليون نسمة). وقد توفي في العام 1984 ـ 1985 في أفريقيا حوالي مليون شخص وتشرد حوالي (10 ملايين) نسمة، حيث تبلغ نسبة الزحف الصحراوي في بعض المناطق الأفريقية حوالي (5 كلم سنويا).

ولو بحثنا في الصحاري لوجدنا أن الكثير من الحضارات الإنسانية قد هلكت نتيجة لعمليات التصحر، وعدم القدرة على الحفاظ على المصادر المائية والموارد الطبيعية، أو نتيجة لتخرب وانجراف التربة الزراعية.

قام الانسان في الماضي بقطع الغابات، وذلك ليستغل مكانها في زراعة المحاصيل الزراعية، وخاصة في بلاد ما بين النهرين، اليونان آسيا الصغرى وغيرها من المناطق، ولم يدرك الإنسان أن عمله هذا كان بداية التصحر هذه المناطق واختفاء الغابات في هذه المناطق.

لقد تم في المؤتمر الدولي للتصحر، الذي عقد في العام 1977م، تحت رعاية الأمم المتحدة، بوضع خطط برامج محددة لمكافحة عملية التصحر والحد من الزحف الصحراوي، وقد شارك في هذا المؤتمر حوالي (94 بلد) وبعد عشرة سنوات من هذا المؤتمر تم تمديد العمل بهذا البرنامج حتى عام 2015م، ويحتاج هذا البرنامج حوالي (4,5 مليار دولار) لانجازه.

6 ـ الغابات:

تعتبر مشكلة الغابات من أهم المشاكل البيئية ـ الاقتصادية وأكثرها تعقيدا، وذلك لكون الغابات تقوم بدور رئيسي في إغناء الجو بالأوكسجين وتخلصه من

ثاني أوكسيد الكربون، كما تقوم الغابات بتقديم الأخشاب، والوقود اللازمة للصناعة.

عادة ما يؤدي القطع الجائر للغابات، أو إحراقها، إلى الكثير من المشاكل البيئية، نذكر منها تخريب نظام الجريان للمياه السطحية، اختلال المخزون المائي الجوفي للمنطقة، زيادة نسبة الفيضانات، زيادة نسبة انجراف التربة، فيضان الأودية والأنهار والينابيع، وبمختصر العبارة إذا ما قطعت الغابات تموت الأرض.

لقد بينت المعطيات أن مساحة الأراضي المغطاة بالغابات قد انحسرت من الخمسينات إلى السبعينات من هذا القرن من (50 مليون كلم^2) إلى (25 مليون كلم^2)، ويعتقد أن نسبة الغابات سوف تتناقص مرتين في نهاية القرن العشرين، حيث أن نسبة انحسار الغابات تصل إلى (4,5) مليون هكتار سنويا. وهذا الكلام بحد ذاته مخيف لأن إزالة الغابات تعتبر من أخطر العمليات التخريبية، التي يقوم بها الإنسان.

كما تشير هذه المعطيات إلى أنه وخلال الأربعين سنة الأخيرة تمت إزالة نصف الغابات الاستوائية، وقد وصل ثمن الأخشاب الناتجة من قطع حوالي (8 مليار دولار سنويا). كما قام سكان المناطق الاستوائية باتلاف الأشجار في هذه المنطقة، وذلك لاستخدام الأراضي للزراعة، أو لاستخدام الأشجار للحطب، أو للحصول على الأخشاب، أو للحصول على الفحم الحجري، وقد بلغت نسبة هذه الأشجار المحروقة حوالي ثمانية أضعاف النسبة المستخدمة للحصول على الأخشاب.

لقد تحول ربع الغابات الاستوائية في أمريكا الجنوبية إلى مراعي للمواشي، غير أن هذه المراعي، وبعد قطع الغابات، وخلال (10 ـ 15 سنة) قد أصبحت غير صالحة حتى للرعي واجدبت.

ولو بحثنا عن السبب الأساسي لقطع الغابات الاستوائية، لوجدنا أن الفقر هو المحرك الأساسي لقطع الغابات، حيث يوجد حوالي (250 مليون) فلاح في البلدان النامية لا يملكون أراضي يزرعونها، لذلك يضطرون إلى قطع الغابات

واستبدالها بزراعة المحاصيل الغذائية الأساسية، وحيث أن أراضي الغابات تصبح غير صالحة للزراعة خلال ستين، أو ثلاث سنوات يقوم الفلاحون بهجوم جديد على ما تبقى من الغابات ويقطعونها وهكذا تستمر عملية تخريب الغابات الاستوائية، حيث يتم في كل ثانية قطع حوالي (14 هكتار) من الغابات. وإذا ما استمر الوضع على هذه الحال سوف تتحول منطقة الأمازون والمناطق الاستوائية الأخرى إلى صحاري حقيقية.

المراجع العلمية المستخدمة

1- Вулканиты . Е.Ф.Малеев . Москва,"НЕДРА" ,1980.

2- Вулканология и сейсмология. Академия наук СССР.
все номера 1988- 1990 . "НАУКА" .

3- Зыбкая твердь . Дж.Гир, Х.Шах . Москва"МИР",1980.

4- Мир глазами геолога . Н.А.Еременко . Москва ,
"НАУКА" , 1990 .

5- Науки о Земле. подписная научно- популярная
серия . все номера: 1988- 1989. "Знание",М.

6- Общая геология . В.С.Мильничук, М.С.Арабаджи.
Москва," НЕДРА", 1989.

7- Основы геологий . В.В.Ершов, А.А.Новикова,
Г.Б.Попова. Москва ,"НЕДРА", 1986.

8- Полевая геология -1 . Справочное руководство.
Ленинград,"НЕДРА", 1989 .

9- Полевая геология -2 . Спровочное руководство.
Ленинград ,"НЕДРА" , 1989 .

10- Человек в мире геологических стихий .
Л.Д.Мирошников. Ленинград,"НЕДРА",1989.

11 ـ الأوزون الجوي، الدكتور علي حسن موسى، دار الفكر، دمشق 1990.
12 ـ طبقة الأوزون مهددة، برعي محمد حمزة، المجلة العربية للعلوم، عدد 10، تونس 1987م.
13 ـ الثقب الأوزوني فوق القارة القطبية الجنوبية، ر. س. ستولارسكي، مجلة العلوم، مجلد 4، عدد 3، الكويت، 1988م.

14 - State of the world 1987. World watch institute. Norton. New York, 1987, P. 23.

15 - Our common future. world commission on Environment and Development. New York, Oxford University Press, 1987.

16 - Bull D.A. Growing Problem. Pesticides and the third World Poor - Oxford, OXFAM. 1982, P. 96.

95 - 01 - 30 - 02009

صدر عن
الدار العربية للعلوم

